

Facteurs D'occurrence Des Crues Dans Le Bassin Versant De La Riviere Eke A Atakpame_Togo

Flood Occurrence Factors In The Eke River Watershed At Atakpame_Togo

LAKOUSSAN Koffivi ; *doctorant ; Département de géographie ; FSHS ; Université de Lomé_Togo*
ADJOUSI Pessièzom ; *Maître de Conférences ; Département de géographie ; FSHS ; Université de Lomé ;*

GNONGBO Tak Yossif ; *Professeur Titulaire ; Département de géographie ; FSHS*
Université de Lomé_Togo

RESUME

Les crues catastrophiques dans le bassin versant de la rivière Éké à Atakpamé suscitent depuis quelques années déjà des préoccupations. C'est dans cette optique qu'est initiée la présente étude, intitulée : « Facteurs d'occurrence des crues dans le bassin supérieur de la rivière Éké à Atakpamé au Togo ». Elle a pour objectifs de déterminer les mobiles qui participent à l'occurrence des crues catastrophiques dans ledit bassin, en dépit de sa situation collinaire. Pour atteindre cet objectif, une démarche méthodologique a été déterminante. Celle-ci est basée sur le parcours pédestre des transects et des visites de terrain ; ce qui a permis de collecter des données morphométriques, pluviométriques et hydrométriques et de réaliser des cartes à partir du système d'information géographique. Les travaux réalisés révèlent que l'occurrence de ces aléas est la résultante d'une intrication de plusieurs paramètres dont les plus importants sont les facteurs physiques et humains. Ces facteurs physiques comprennent les facteurs de prédisposition qui sont liés à l'orographie, la topographie, la planimétrie, la pédologie et la faiblesse de la densité du couvert végétal, et aussi des agents vecteurs comme l'hydrographie associée à l'hydrologie. A ceux-ci s'ajoutent les facteurs déclenchants représentés par les perturbations climatiques. Quant aux facteurs humains, ils se rapportent essentiellement à l'homme et ses activités.

Mots clés : crue, facteurs d'occurrence, bassin versant, rivière Éké, Atakpamé_Togo.

ABSTRACT

The catastrophic flooding in the watershed of the Éké River in Atakpamé has been a cause for concern for several years now. It is with this in mind that the present study, entitled: "Factors of occurrence of floods in the upper basin of the Eké River in Atakpamé in Togo", was initiated. Its objectives are to determine the motives that contribute to the occurrence of catastrophic floods in the said basin, despite its hilly location. To achieve this objective, a methodological approach was decisive. This is based on the pedestrian route of transects and field visits; which made it possible to collect morphometric, rainfall and hydrometric data and to produce maps from the geographic information system. The work carried out reveals that the occurrence of these hazards is the result of an intertwining of several parameters, the most important of which are physical and human factors. These physical factors include predisposing factors that are related to orography, topography, planimetry, pedology and the low density of vegetation cover, and also vector agents such as hydrography associated with hydrology. To these are added the triggering factors represented by climatic disturbances. As for human factors, they essentially relate to people and their activities.

Keywords: Floods, occurrence factors, watershed, Eké river, Atakpamé_Togo.

Date of Submission: 22-10-2022

Date of Acceptance: 04-11-2022

I. Introduction

Les phénomènes naturels connaissent aujourd'hui une recrudescence et deviennent les plus menaçants de l'existence humaine. Ces phénomènes qui se manifestent généralement par des tremblements de terre, des mouvements de terrain, des crues et des inondations, résultent de l'intrication de plusieurs paramètres, notamment d'origine naturelle ou anthropique. En raison de la complexité des ouvrages et de l'importance de la population, ces phénomènes trouvent habituellement leur champ de prédilection dans les zones urbaines (Tchotsoua, 1994 ; GIEC, 2001-2007 ; Wallez, 2010). Les villes africaines, en particulier celles des pays de

l'Afrique au sud du Sahara, sont plus menacées par ces aléas. Il en résulte des inondations à grande échelle, aux conséquences parfois catastrophiques. C'est le cas de la ville d'Atakpamé située dans le bassin versant de la rivière Éké, souvent théâtre de crues dévastatrices en dépit de son site collinaire. Les dernières grandes manifestations de ces crues relèvent aux années 2008, 2009. La présente étude portant sur le bassin versant de la rivière Éké s'avère nécessaire, car, situé dans la zone sud du Togo, ce bassin est un exemple d'anthroposystème, où les activités anthropiques, la dynamique de l'environnement et le régime hydrologique, sont fortement dépendants. Dans ces conditions, nul doute que les populations de la ville d'Atakpamé participent activement, consciemment ou inconsciemment à l'occurrence d'aléas hydrologiques dans le bassin. La question qui sous-tend cette analyse est de savoir : Quels sont les facteurs d'occurrence de des crues dans le bassin supérieur de la rivière Éké à Atakpamé ? On s'interroge autrement sur les causes des inondations catastrophiques qui surviennent dans le milieu. L'objectif de cette étude est de rendre disponible des informations scientifiques sur l'occurrence de ces crues dévastatrices dans le bassin versant de la rivière Éké. Il s'agit d'explorer et d'analyser les différents paramètres au travers d'informations collectées à partir des données documentaires, satellitaires et celles levées sur le terrain. Certes de nombreux travaux ont été réalisés au Togo sur les crues et les inondations dans les bassins versants, notamment ceux de Gnongbo (1998), Klassou (2014) et Adjoussi (2017). Cependant, peu ont abordé le phénomène de crues dans la zone. Seuls Béléyi (2011), Issaou (2012) et Lakoussan (2015) se sont intéressés aux inondations catastrophiques qui l'ont marquée vers la fin de la décennie 2010. Cette étude couvre le bassin de la rivière Éké dans la commune de l'Ogou 1 dont le chef-lieu est Atakpamé, en même temps chef-lieu de la région des Plateaux et située à environ 160 Km au nord de Lomé. Avec une superficie d'environ 17,6 km² pour une longueur de 14 km, cette zone s'étend géographiquement entre 7° 26 et 7° 11 latitude Nord et, entre 1° 6 et 1° 13 longitudes Est (figure 1).

1. Approche Méthodologique

La démarche méthodologique adoptée dans le cadre de cette étude découle d'une approche transversale qui allie la revue documentaire, les données planimétriques et altimétriques, climatologiques, spatiotemporelles, démographiques aux travaux de terrain.

1.1. Données utilisées et techniques de collecte

Les données documentaires exploitées sont celles des ouvrages généraux et des documents techniques et administratifs. En ce qui concerne les données planimétriques et altimétriques, elles sont liées à la topographie, la géologie, la pédologie, l'hydrographie et la végétation. S'agissant des données climatologiques, démographiques et socioéconomiques, elles se rapportent à la température et aux précipitations ainsi qu'à la population et ses activités. Les données spatiotemporelles quant à elles sont liées à l'évolution des états de surface. Ces documents ont permis d'appréhender davantage l'état des connaissances de la thématique, de définir la problématique et de bâtir la méthodologie. Pour parvenir aux résultats, les techniques suivantes ont été utilisées. Il s'agit respectivement de recherches bibliographiques à travers la consultation de thèses, mémoires et ouvrages spécifiques (articles, revues, périodiques, rapports, etc.) dans les bibliothèques physiques et virtuelles ainsi que des documents techniques et administratifs fournies par la direction de générale de la météorologie nationale (DGMN) et les données démographiques fournies par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques et Démographiques (INSEED). Il a été suivi de la consultation des cartes topographiques, géologiques et pédologiques du milieu. Les données spatiotemporelles quant à elles sont obtenues à partir d'images satellitaires traitées par la méthode de classification supervisée. Les données de terrain (hydrométriques, morphométriques, socioéconomiques etc.) sont collectées grâce au parcours des transects.

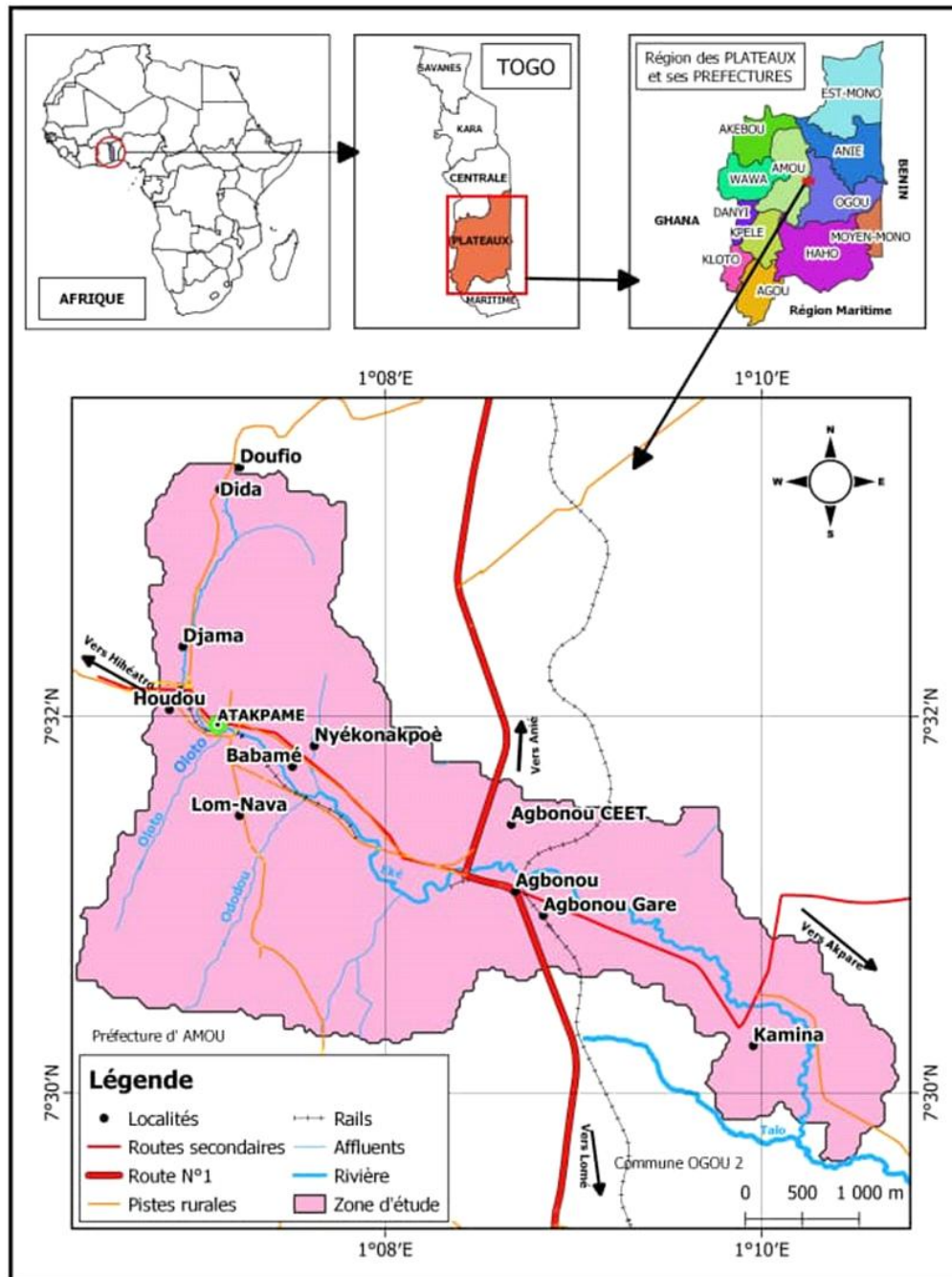


Figure 1 : Situation géographique du bassin supérieur de la rivière Eke
Source : IGN, 1986 au 1/200.000, feuille d'Atakpamé

Le bassin versant de la rivière Éké est un sous bassin de deux grands bassins : celui de l'Amou à l'Ouest et au Sud-Ouest et celui de l'Anié au Nord-Est et Sud-Est ; tous deux sous-bassins du fleuve Mono.

1.2- Outils de travail

Le matériel utilisé pour collecter les données de réalisation de cette étude se compose d'un GPS (Global Positioning System), d'une fiche de relevé des diverses mesures et observations, d'un fil, d'une houe, d'un coupe-coupe, d'un marteau, d'un décimètre, d'un flotteur, d'une mire topo, d'une paire de bottes, d'un appareil photographique. A ceux-ci s'ajoutent des outils planimétriques dont les principaux sont les cartes topographiques de l'IGN aux échelles 1/200 000, 1/50.000 de la feuille d'Atakpamé NB-31-XX-3a et 31-XIX-XX, de 1986. Ces cartes ont servi pour une analyse du paysage morphologique. Par ailleurs, les cartes des sols de la région des Plateaux (carte de Lamouroux, 1969 au 1/100.000), géologique de base du Togo à 1/500 000 et celle de la feuille d'Atakpamé à 1/200 000 établies par la DGMG/BNRM en 1986 ont été utilisées pour

reconstituer les données lithologiques de la zone d'étude. Les graphes ont été réalisés à partir du tableur Excel. Les logiciels Arcgis et QGIS 2.18 sont les outils de système d'information géographique (SIG) utilisés pour la réalisation des cartes.

II. Résultats Et Analyses

Les facteurs physiques ou naturels et les facteurs anthropiques constituent les principaux résultats de cette étude. Quant aux facteurs humains, ils se concernent essentiellement l'homme et ses activités.

2.1 Facteurs physiques ou naturels

Les facteurs naturels se composent de facteurs de prédisposition qui sont liés à la morphométrie et à la topographie, l'orographie, la pédologie et la faible densité du couvert végétal auxquels s'ajoutent des agents vecteurs comme l'hydrographie associée à l'hydrologie doublés de facteurs déclenchants représentés par les perturbations climatiques, notamment la forte intensité des précipitations.

2.1.1- Facteurs morphométriques et topographiques

Les configurations morphologique et topographique déterminent la forme du bassin. Celle-ci joue un rôle très important dans l'occurrence des crues et des inondations dans un bassin versant. Lorsque le bassin est de type chène, sa compacité est forte, mais lorsque le bassin est de forme peuplier ou allongée, sa compacité est faible. Ces caractéristiques du bassin versant sont déterminées par l'indice de compacité de Gravius, (1914) KG . Au regard des résultats obtenus ($KG = 1,319$ compris entre 1,3 et 1,6) à partir du calcul de cet indice, il se révèle que le bassin versant de la rivière Éké à Atakpamé est de forme plus ou moins allongé et présente une configuration de type peuplier ou couloir ; la représentation cartographique du bassin présente une forme plus ou moins allongée. Cette configuration du relief génère une concentration moins rapide des eaux dans le bassin ; ce type de concentration ne prédisposait pourtant pas le bassin à des crues rapides dont les excès engendreraient des crues violentes et des inondations ; ce qui ne permet pas d'attester formellement les résultats obtenus par le calcul de l'indice de Gravius. Dans ces conditions, c'est la situation du bassin au cœur d'une zone urbaine qui influe sur l'écoulement et donc considérée comme un facteur de risque. Par ailleurs, le paysage morphologique du bassin dans la zone urbaine, contrairement à la zone périurbaine qui est une zone de plaine, présente un paysage dominé par des collines aux altitudes relativement élevées (Photo 1) et aux versants abrupts, ce qui traduit vraisemblablement des pentes relativement fortes.



Photo 1 : Vue partielle du secteur Nord-ouest d'Atakpamé

Source : Google earth

La photo 1 est l'image de la configuration partielle (secteur nord-Ouest, Oké Mefa à Djama) du bassin avec un aperçu des pentes. On y distingue à l'œil nu des pentes estimées à 15,8% et 9,18%. Mais dans l'ensemble, les résultats obtenus à partir de la représentation planimétrique du bassin par le logiciel ArcGis, révèlent des pentes de 25% et 35% dans la zone urbaine, surtout à l'extrême Ouest de la zone d'étude. Ces valeurs ont conduit au calcul de l'indice global des pentes (Igp) de Debreuil. La côte de la courbe hypsométrique à 5% de la superficie totale du bassin est de 80 m ; elle est de 350 m à 95%. La longueur du rectangle équivalent est de 7,9 km. L'indice Igp pour tout le bassin est de 2,5 m/km. Ceci signifie que pour 1 km de distance, on s'élève de 2,5 m d'altitude. L'indice global de pente étant élevé, la compétence de l'eau tend à augmenter et celle-ci n'a pas le temps de s'infiltrer pour ameublir le sol dans les formations rocailleuses ; ce qui prédispose le

sol à l'érosion horizontale et à la stagnation de l'eau dans les formations rocailleuses et favorise des crues rapides et des inondations.

2.1.2- Facteurs pédologiques : la nature du sol

Le sol joue, par sa nature, un rôle très important dans le drainage des eaux de surface. Cela se traduit par sa capacité à laisser passer ou à retenir de l'eau susceptible de provoquer des inondations. Ainsi, les trois (3) types de sols du bassin versant de la rivière Éké (sols d'érosion sur quartzite, sols ferrallitiques typiques sur quartzites intercalés de micaschistes, sols ferrugineux lessivés sur grès) sont dans l'ensemble caillouteux aux grains très grossiers ; ce qui ne les présageait pas à une quelconque rétention d'eau ou à une stagnation de celle-ci. Ce sont des sols typiques de l'Est des plateaux, très fragiles, constitués d'un mélange de galets et de sable grossier et fin. Ils ont, en générale, une très faible teneur en argile d'où leurs prédispositions à l'érosion. Ces sols, par leur lithologie, participent à l'augmentation de la densité de drainage ($Dd=1,235\text{km/km}^2$) qui est très favorable à l'écoulement dans le milieu. Les sols ferrugineux tropicaux aux capacités de drainage moyen ont une humidité relative ($HE= 8,1\%$) ; ce qui leur confère un pouvoir de rétention très faible. Donc naturellement, ces sols n'ont en général aucune incidence sur les crues et les inondations dans le bassin.

2.1.3- Occupation du sol et dynamique des états de surface

La végétation a un rôle majeur dans la protection de son substratum. Il est démontré que sur tout espace géographique, le climat, le débit des rivières et les états de surface sont intimement liés et que toute modification de l'un entraîne des répercussions sur les autres (figure 2).

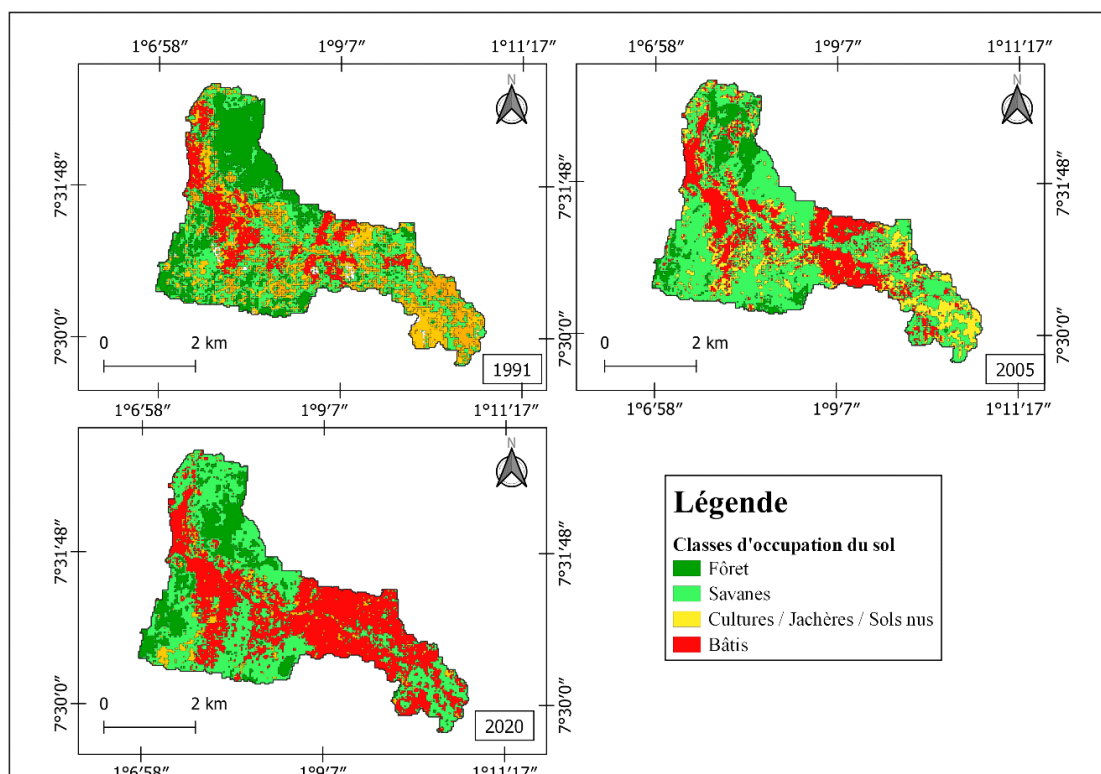


Figure 2 : Cartes d'évolution de la dynamique des états de surface, 1991, 2005 et 2020
Source : GloVis/USGS -Données LandsAT, travaux de terrain

La figure 2 présente des images satellitales de l'évolution des états de surface dans le bassin sur une période de trente (30) ans, 1991, 2005 et 2020. L'observation, l'analyse et le traitement des données de la figure 2 ont permis de ressortir des résultats concrets à partir des données chiffrées du tableau 1 et les travaux de terrain qui ont permis de réaliser une interprétation scientifique de ces images. Il faut souligner que la dégradation de la couverture végétale a des répercussions sur les ressources en eau du milieu. Ainsi, dans la zone d'étude, l'évolution des états de surface sous l'action conjuguée des changements d'occupation du sol (bâtis, cultures, Jachère...) et d'une variabilité climatique avec une forte péjoration pluviométrique relativement récente, peuvent conditionner fortement l'infiltration, le ruissellement et l'érosion. En conséquence, cela engendre, des crues et des inondations voire des sédimentations.

Tableau 1 : Récapitulatif des paramètres régressifs et évolutifs des états de surface et d'occupation de l'espace

Années	1991		2005		2020	
	Aire en ha	%tage	Aire en ha	%tage	Aire en ha	%tage
Superficie Etat se surface Cultures/Jachère/Sols nus, Forêt	4750,11	52,55	3485,16	38,55	1311,12	14,50
Bâtis, Savanes	4288,14	47,45	5553,09	61,45	7727,13	85,50
Total	9038,25	100	9038,25	100	9038,25	100

Source : Données Landsat et travaux de terrain

L'analyse du tableau 1 révèle que parmi les quatre (04) paramètres analysés, seuls deux (02) ont connu une réduction drastique. Les jachères, les cultures, les sols nus et les forêts qui, en 1991, étaient initialement de 1311,12 soit 52,55% sont réduits à 4750,11/ soit 14,50%. Les deux (02) autres paramètres au contraire, les savanes et les bâtis, se sont considérablement accrus (tableau 1). Initialement de 4288,14 ha soit 47,45% en 1991 ils ont considérablement augmenté pour atteindre 7727,13 ha soit 85,50% en 2020. L'histogramme de la figure 3 traduit les tendances de la dynamique d'occupation de l'espace.

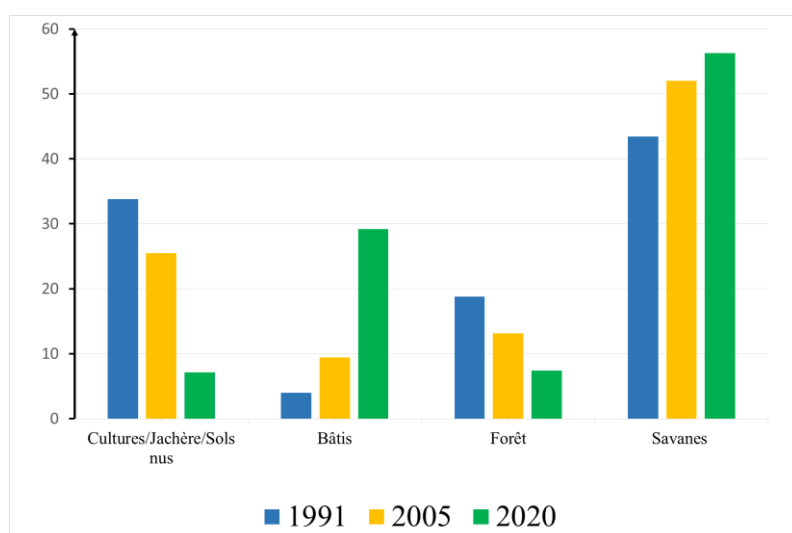


Figure 3 : Histogramme d'occupation du sol et dynamique des états de surface à Atakpamé de 1991 à 2020

Source : Données LandSAT, travaux de terrain

La figure 3 est une illustration des tendances de la dynamique de états de surface et l'évolution de l'occupation de l'espace. Au total, les cultures, les jachères, les sols nus et les forêts régressent au profit des savanes et des bâtis qui croissent rapidement. Cela s'explique par la croissance rapide de la population et par conséquent de l'occupation de l'espace qui se traduit par une forte croissance urbaine et un phénomène croissant de la périurbanisation surtout vers le Sud-est du bassin. Cette situation entraîne l'accroissement des espaces imperméabilisés sous diverses formes, ce qui favorise le développement des réseaux de ruissellement et entraîne l'augmentation de l'indice de ruissellement. Une telle évolution des états de surface a une grande influence sur le phénomène hydrologique susceptible de provoquer des crues gigantesques et des inondations catastrophiques.

2.1.4- Niveau de la nappe phréatique non favorable à la remontée capillaire

La nappe phréatique joue un rôle très important dans l'hydraulicité et donc dans l'écoulement des eaux ; par conséquent, elle est déterminante dans l'occurrence des événements hydrologiques, notamment les crues et leurs effets induits que sont les inondations. Lorsque les nappes sont affleurantes comme dans les zones littorales sédimentaires du Togo, cela inhibe l'infiltration des eaux et accroît le volume d'eau en surface par remontée capillaire et le risque d'inondation. Le bassin d'étude se trouve en zone de socle et à cheval entre le Dahoméen et les plateaux Atakorien. Les nappes en zone de socle sont très profondes et difficilement accessibles, non seulement en raison de leur profondeur, mais aussi et surtout en raison de la nature des couches à traverser pour y accéder. Le niveau piézométrique s'y mesure à environ 25 mètres, le plus souvent sous roches dures ; ce qui rend difficile voire improbable, tout phénomène d'échange avec l'extérieur par remontée capillaire. Dans ces conditions, il est évident que les phénomènes de crues et inondations dans le bassin dépendent moins en moins de la remontée capillaire. Car lorsque l'eau éprouve des difficultés pour s'infiltrer, elle n'en éprouverait pas moins pour remonter.

2.1.5 - Facteurs hydrographiques ou vecteurs de crues

L'hydrographie au centre des facteurs hydrographiques. La présence de cours d'eau dans un milieu est un facteur très déterminant d'analyse et d'appréciation des risques de crues et d'inondations. Le caractère impétueux de l'aléa dans la ville peut s'expliquer par l'implication d'autres paramètres, notamment la nature des écoulements et surtout l'importance du volume journalier de précipitation. Ce dernier paramètre est le plus important facteur climatique et considéré comme facteur déclenchant en raison des débits relativement élevés des cours d'eau. Car il existe un lien étroit entre le débit d'écoulement et la hauteur des précipitations (figure 4).

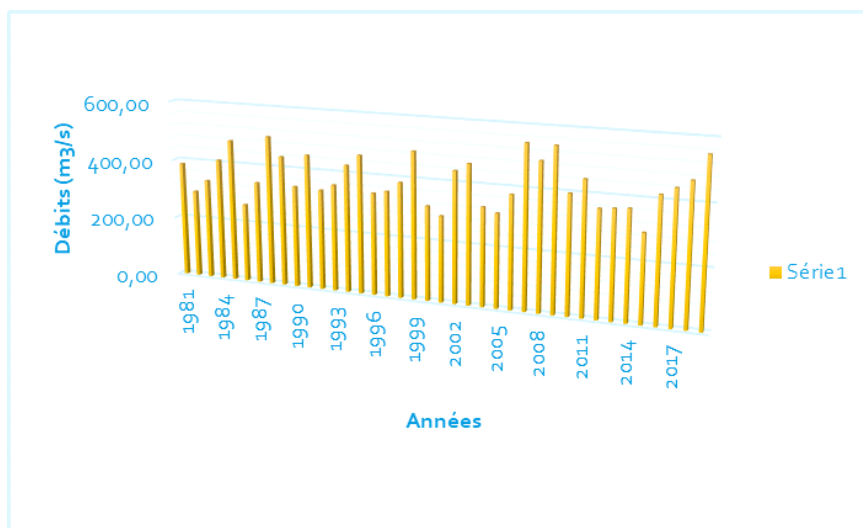


Figure 4 : Série de données de débits interannuels dans la zone d'étude : 1981-2019

Source : DGMN

La figure 4 présente l'historique de l'évolution des débits interannuels sur une période de 40 ans. Elle révèle que les années de forts débits ($\geq 675 \text{ m}^3/\text{s}$) sont celles d'abondance et de fortes intensités pluviométriques. Autrement dit, le débit est intimement lié à la quantité d'eau tombée et à la hauteur d'eau écoulée dans le lit du cours d'eau. Ainsi le rôle des cours d'eau dans l'occurrence des crues et des inondations n'a aucune importance sans les précipitations. Tous les cours d'eau du bassin ont un régime irrégulier et connaissent des étiages en saison sèche et des crues torrentielles, parfois catastrophiques, en saison des pluies, surtout en zone urbaine.

2.1.6- Influence du Coefficient de torrentialité CT

Ce coefficient reflète le caractère torrentiel des averses dans le bassin. Il est fortement lié à la densité de drainage et à la fréquence des drains. Le Coefficient de torrentialité $CT = 2,11$ est très élevé en raison non pas parce que la lithologie des sols est peu ou pas perméables mais surtout en raison de la dynamique des Etats de surface qui révèle une végétation de plus en plus amoindrie. Ce coefficient est responsable du caractère torrentiel et impétueux des écoulements avec pour conséquences des érosions linéaires. Il est donc que cet indice est un des principaux facteurs d'occurrence des violentes crues et inondations dans le bassin.

2.1.7- Conditions climatiques : des facteurs déclenchant

Le climat joue un rôle primordial dans l'occurrence des crues et des inondations. Il est régi par trois paramètres essentiels à savoir les mouvements des masses d'air ou la circulation atmosphérique, les températures et les précipitations qui sont ciblées par cette étude. Les hauteurs des précipitations résultent de la quantité d'eau tombée en une journée et constituent le plus important paramètre moteur des risques de crues et d'inondations. En général, une faible quantité de pluie en une journée ne pouvait provoquer le débordement des cours d'eau ; par conséquent, elle ne présente aucun risque pour la population. Par contre, lorsque la quantité de pluie est importante, le risque de crues catastrophiques est plus élevé. Parallèlement, les risques de crues inondables sont toujours faibles, quelle que soit la quantité de pluie tombée, sans que le sol soit préalablement gorgé d'eau. En clair, il n'y a presque jamais de crues en début de saison pluvieuse et moins en saison sèche. C'est souvent en milieu de saison pluvieuse ou vers la fin qu'on enregistre des crues catastrophiques (planche 1).

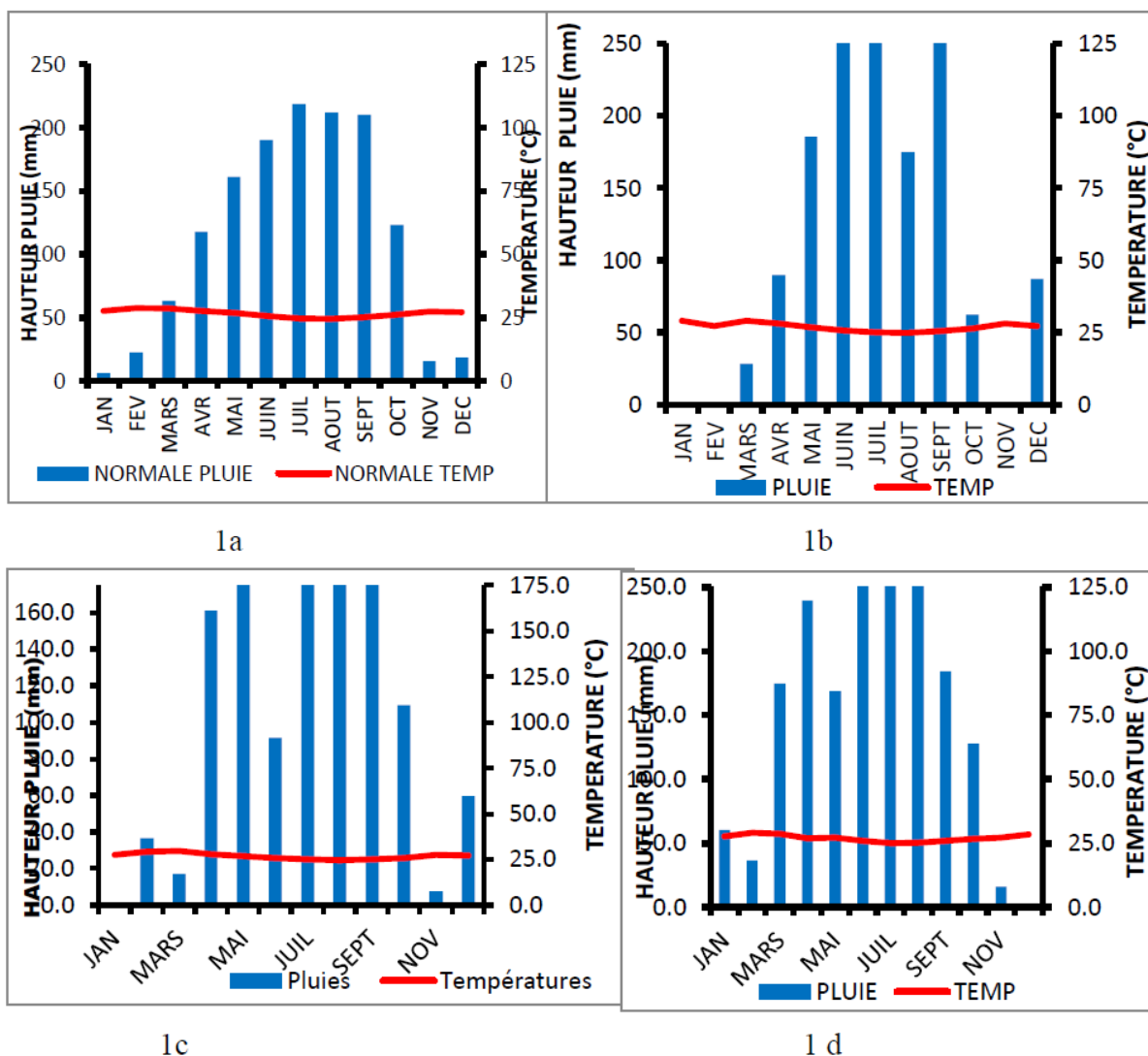


Planche 1 : Courbes ombrothermiques d'Atakpamé
 (1a) normale 1981-2010 ; (1b) en 2008 ; (1c) en 2009 ; (1d) 2007
Source : Direction Générale de la Météorologie Nationale

La planche 1 établit la comparaison entre les courbes de la normale des précipitations et des températures (1a) et celles des années d'extrêmes hydrologiques de 2007 ; 2008 et 2009. L'analyse des graphiques des données pluviométriques a permis d'apprécier les circonstances dans lesquelles les crues ont lieu dans le bassin surtout dans la zone urbaine. Ainsi les courbes ombrothermiques révèlent le rôle joué par les précipitations en 2008 et 2009 qui ont connu des aléas hydrologiques manifestes avec des conséquences désastreuses. Ces aléas se sont produits au cours des mois les plus pluvieux situés entre mai et septembre. Ainsi, il pleut normalement huit mois sur douze dans le bassin à Atakpamé avec des totaux mensuels de plus de 100 mm. Seuls les mois de novembre à mars qui marque la période de saison sèche font exception avec une hauteur de 60 mm. Le maximum pluviométrique annuel se situant en juillet avec près de 220 mm selon les années. En somme, les quatre mois les plus pluvieux (juin, juillet, août et septembre) sont des mois à risque de crues susceptibles de provoquer des inondations. Ces mois enregistrent une hauteur pluviométrique de plus de 200 mm chacun, avec un maximum de 442 mm le 15 juillet 2008 assorti une crue 'catastrophique' par une pluie exceptionnelle d'une hauteur de 156,6 mm. L'année 2009 s'est révélée particulièrement pluvieuse avec un total de 1850,1mm, un record en 30 ans ; ce qui explique l'occurrence d'inondation le 15 juin avec un maximum en 24h de 119,9 mm, pourtant ce n'est pas le mois le plus pluvieux de l'année.

2.2- Facteurs anthropiques : facteurs aggravants ou amplifiant

Les facteurs anthropiques découlent principalement des risques engendrés par les actions de l'homme. Ils sont essentiellement marqués par les différentes formes d'occupation du sol notamment les constructions, les

ouvrages d'assainissement, les déchets solides, les activités agricoles qui contribuent à amplifier les manifestations d'aléas hydrologiques.

2.2.1- Constructions

Les constructions participent doublement au phénomène d'occurrence des crues, d'une part à travers leurs toitures et les gouttières qui constituent une importante source d'alimentation de l'eau de ruissellement et d'autre part en constituant un obstacle à l'écoulement normal de l'eau en cas de grandes précipitations. Par ailleurs, l'importance des surfaces imperméabilisées constitue un autre paramètre favorable aux inondations. C'est le cas des bâtis dans le périmètre urbain du bassin d'Éké avec des amas de constructions et d'espaces imperméables, notamment les routes, les cours de maison, les terrains de sport et les espaces vides. Certaines constructions sont bâties sur les berges des ruisseaux considérées comme zones *non-aedificandi* (à ne pas bâtir, Photo 3), le long de la rivière Éké et de ses affluents (Odo-Odou, Oloto). Ces sites sont les lieux privilégiés des couches sociales déshéritées très vulnérables faute de moyens pour s'offrir des terrains en zones propices aux bâtis, ce qui confère un caractère anarchique à l'urbanisation. De plus, ces berges sont jonchées d'ateliers de fortune directement installés sur le lit mineur. De même, de nombreux services administratifs, y sont construits depuis l'époque coloniale au moment où la population était encore faible. Tous ces bâtis entraînent l'obstruction partielle des lits et renvoient l'eau pendant les pluies vers les maisons pour la plupart en banco.



Photo 3 : Maisons bâtie en zone non-aedificandi
Source : Lakoussan

La photo 3 montre des bâtis en *zone non aedificandi* où les habitants connaissent de façon périodique des sinistres liés aux crues de la rivière Éké. Dans cette partie du bassin, l'accès y est souvent difficile en saison pluvieuse.

2.2.2-Prolifération de déchets

Le bassin versant de la rivière Éké à Atakpamé regorge d'un mélange de déchets divers. Ce constat est encore d'actualité dans le milieu avec le développement un peu partout de dépotoirs sauvages avec par endroits des « montagnes » d'ordures et de déchets solides non biodégradables qui jonchent les abords des rues et des cours d'eau (planche 2). En cas de grandes précipitations, le ruissellement entraîne une partie de ces déchets dans son mouvement.



Planche 2 : Dépotoirs sauvages le long des cours d'eau et des routes

Photo 2 a : Tas d'ordures sur la berge gauche d'Odo-odou à Lom-Nava ;

Photo 2 b : Tas d'ordures à côté du grand stade d'Atakpamé et début d'aménagement ; de décharge intermédiaire ; **Photo 2c** : Tas d'ordures dans le lit de la rivière Eké, sous le pont de la rue Niort

Source : Cliché Lakoussan, octobre 2020

Ceux-ci sont difficilement charriables et certains sont abandonnés. Ces derniers bouchent les caniveaux et obligent l'eau à sortir de son cadre naturel pour envahir les rues et les habitations. Le long des cours d'eau, ces déchets s'entassent et empêchent l'écoulement normal de l'eau dans les chenaux ; ce qui rend les crues catastrophiques.

2.2.3-Activités agricoles

Les activités agricoles occupent dans le bassin d'Éké des espaces non propices aux bâtis et des espace vides qui sont généralement systématiquement exploités. C'est ainsi que des versants de collines, les berges des cours d'eaux et surtout des chemins de fer sont parsemés de micros exploitations de cultures céréalières, de plantations de légumineuses et de jardins de cultures maraîchères (Planche 3). Ces espaces souvent dénudés après les récoltes et leurs sols ayant été suffisamment bien remués par des outils aratoires de fortune avec des techniques culturelles traditionnelles, et sans aucune précaution antiérosive, font augmenter la vulnérabilité des sols aux phénomènes d'érosion. Ainsi, pendant les grosses pluies, le décapage des versants par les eaux de ruissellement et surtout des berges par les crues, entraîne d'importantes charges vers les lits, source de leur envasement et par ricochet de la réduction de leur capacité de drainage ; ce qui aggrave le phénomène de crue.



Planche 3 : Pratiques agricoles dans les lits majeurs des cours d'eau

Planche 3a : Champ de maïs le long d'Éké entre les quartiers Nyékonakpoè et Babamè

Photo 3b : Culture maraîchère le long du ruisseau Odo-Odou à côté de l'école du camp

Source : Clichés Lakoussan, juillet 2018

La planche 3 montre quelques pratiques agricoles dans le bassin. Ainsi la photo 3a présente une plantation de maïs le long d'Éké, à Nyékonakpoè et Babamè. La Photo 3b est une image de de cultures maraîchères le long de Odo-Odou. Ces pratiques contribuent à l'occurrence des crues dans le bassin.

2.2.4-Ouvrages d'assainissement

Les ouvrages d'assainissement sont constitués de caniveaux, ponts et ponceaux, bref de collecteurs résultant d'activités humaines et destinés à assurer la circulation et l'évacuation d'eau de ruissellement en cas de précipitation. La zone urbaine du bassin est parsemée par endroits de collecteurs vétustes pour lesquels la rivière Éké et ses affluents jouent respectivement le rôle de collecteur principal et secondaires. Ces ouvrages très étroits sont aujourd'hui inadaptés et ne répondent plus efficacement à la mission qui leur était initialement dévolue. Dans certains quartiers (Lom-Nava, Nyekonakpoè, Kossi-Kiti et Djama...), ces ouvrages sont à peine existants. Les rares qui existent sont trop étroits et sont aujourd'hui dépassés pour répondre aux exigences de développement actuel de la ville. De plus les rares caniveaux qui existent sont mal entretenus et sont souvent chargés d'ordures et de débris divers tapis dans les chenaux pendant plusieurs années sans curage. Cet état des ouvrages d'assainissement rend difficile l'évacuation rapide des eaux ; ce qui explique l'ampleur des débordements et des dégâts.

III. Discussions

L'étude des phénomènes de crues suivis d'inondations souvent enregistrés dans le bassin versant de la rivière Éké a permis d'identifier les facteurs explicatifs de leur occurrence. Ces facteurs se résument essentiellement en deux catégories : les facteurs physiques ou naturels et les facteurs humains. La plupart des études réalisées sur les risques hydroclimatiques, qu'elles soient sur le plan national, régional ou international, sont unanimes sur ces deux (2) causes. Ainsi, Issaou (2012), les attribue à l'intensité des précipitations journalières, à la topographie du site d'Atakpamé et à la démographie. Lakoussan (2015), met en cause les facteurs hydromorphologiques, hydroclimatiques et anthropiques. Quant à Klassou (1997), les excès hydroclimatiques souvent enregistrés dans la localité de Togblé-Adetikopé sont en réalité la résultante de phénomènes intégrateurs ayant pour origine des causes naturelles (climatiques, hydrologiques, morphologiques, pédologiques, géologiques) et anthropiques. Dans leurs travaux, Béléyi (2012), Wallez, Amoussou (2010), et Adjoussi (2017) ont développé des arguments similaires. Il en est de même pour Fortin *et al.*, (2020) dans leur étude du bassin de Kennebecasis, dans le Nouveau-Brunswick, au Canada où ils mettent en cause les facteurs naturels d'ordre climatiques tout en estimant que les inondations résultent généralement plutôt de pluies abondantes. Selon eux, les causes anthropiques comme la modification de l'occupation et l'utilisation du territoire peuvent aussi contribuer à l'accroissement du risque d'inondation. Par contre, certains auteurs ont mis l'accent essentiellement sur l'homme et ses relations avec son environnement. C'est le cas de Descroix *et al.* (2015) qui estiment que l'élément moteur principal du « paradoxe hydrologique du Sahel » réside dans les changements d'usage des sols. Pour d'Ercole *et al.*, (1995), en ville, c'est l'action humaine qui accentue les effets dommageables des phénomènes naturels, en donnant l'exemple de Limbe au Cameroun et Buenos Aires en Argentine pour illustrer leurs arguments de non-maîtrise de l'espace et de croissance urbaine, faisant ainsi allusion à l'occupation des zones dangereuses. Ces zones sont l'équivalent des zones non aedificandi dont mention est faite dans ce document. Au demeurant, aucun des auteurs cités ci-dessus n'a véritablement réussi à

catégoriser les différents risques liés à l'eau, comme c'est le cas dans le document. Seuls les travaux d'Aliti (2019) ont été une source d'inspiration. Ainsi donc, on peut distinguer des facteurs naturels qui sont des facteurs favorisants ou de prédisposition, des vecteurs des flux hydrologiques, des facteurs déclenchants et des facteurs aggravants ou amplifiant que sont les facteurs anthropiques.

IV. Conclusion

L'étude des facteurs d'occurrence des crues et inondations dans le bassin versant de la rivière Éké dans la ville d'Atakpamé, révèle que différents paramètres de divers ordres interviennent dans la manifestation de ces phénomènes dans le milieu. Ainsi, elle a permis d'identifier et de distinguer deux grands ensembles de facteurs : les facteurs favorisants ou de prédisposition du milieu, les facteurs déclenchants et les facteurs aggravants.

En ce qui concerne les facteurs favorisants, il s'agit de facteurs naturels ou physiques tels que la morphologie, la topographie, la pédologie, et l'absence de végétation dans certaines parties du milieu qui prédisposent le bassin aux aléas. Quant aux facteurs déclenchants, ce sont d'autres facteurs naturels mais aléatoires, car fortement tributaires des premiers. Il s'agit essentiellement des précipitations dont l'intensité et les hauteurs journalières sont un vecteur de crue et d'inondation, dans une action conjuguée avec le système hydrologique du bassin. S'agissant des facteurs aggravants, on note en particulier les actions anthropiques, notamment les activités humaines comme les constructions en zones *non aedificandi* (*à ne pas bâtir*), les activités champêtres, les dépotoirs anarchiques le long des berges des cours d'Éké et ses affluents. Ce sont ces facteurs qui déterminent le degré de vulnérabilité de l'aléas hydrologique.

Par ailleurs, l'importance des surfaces imperméabilisées (toitures, routes, rues, aires de jeux, etc.) qui accentuent le ruissellement est une autre conséquence d'activités humaines qui participent activement à l'aggravation des manifestations hydrologiques.

Références bibliographiques

- [1]. **ADJOSSI P. (2017)** : Gestion des inondations dans la basse vallée du Zio à travers l'exemple du quartier d'Agoè-Zongo à Lomé (Togo). Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi « DTD ». Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal) – ISSN 0851 – 2515 – N°16, Juin 2017, pp. 209-230.
- [2]. **Aliti, B. (2019)** : Géomorphologie et dynamique des paysages du bassin versant du Zio (sud-Togo). Thèse de doctorat, Université de Lomé, Lomé, 260 p.
- [3]. **AMOUSSOU E. (2010)** : Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffoe (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat de Géographie physique appliquée, Université de Bourgogne, 313 p.
- [4]. **BELEYI E. (2011)** : Gestion des catastrophes naturelles au Togo : réponse sectorielle WASH pour les inondations, diplôme de master spécialisé, 2iE, Ouagadougou, 67 P.
- [5]. **D'ERCOLE R., THOURET J-C., ASTE J-P., DOLLFUS O., GUPTA A. (1995)** : Croissance urbaine et risques naturels dans les pays en développement : présentation introductive. In : Bulletin de l'Association de géographes français, 72e année, 1995-4 (septembre), pp 311-338.
- [6]. **DESCROIX L. MAHÉ G., OLIVRY J.C., ALBERGEL J., TANIMOUN B., AMADOU I. (2015)** : Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel, Research Gate, IRD ISBN 978-2-7099-2146-6., 153-170 p.
- [7]. **GIEC (2007)** : Changements climatiques 2007 : les éléments scientifiques. ; contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du GIEC (ISBN 978 0521 88009-1 relié ; 978 0521 70596-7, P. 158.
- [8]. **GNONGBO T. Y. : (1998)** : Le façonnement actuel du lit du mono dans sa basse vallée et ses conséquences environnementales à Agbétiko. In : Trav. Et Rech-Géo. Premières journées Géographiques du Togo, Lomé, pp. 92 - 107.
- [9]. **ISSAOU L. (2012)** : Vulnérabilité des communautés locales aux inondations dans l'Est de la région des plateaux (Togo), diplôme de master, Centre Régional AGRHYMET, 66p.
- [10]. **KABISSA M. E. (2021)** : Impacts de l'exploitation des héritages géomorphologiques dans la dynamique des paysages du bassin versant de l'Anié au Togo. Thèse de Doctorat unique, Université de Lomé, Département de Géographie, 218 p.
- [11]. **KLASSOU K. S. (1997)** : Croissance urbaine et inondations à Lomé, réflexion sur les facteurs responsables et les perspectives d'avenir, in Gayibor N., Marguerat Y. et Nyassogbo K. (eds), Le Centenaire de Lomé, Capitale du Togo (1897-1997), Actes du colloque de Lomé, Collection Patrimoine, n°7, Karthala, Paris, pp. 221-231.
- [12]. **LAKOUSSAN K. (2015)** : Hydraulicité et les risques de catastrophes dans la ville d'Atakpamé : les événements hydrologiques de 2008 et 2009, diplôme de master, département de Géographie juin, FSHS, U.L. 106p.
- [13]. **TCHOTSOUA M. (1994)** : Dynamique informelle de l'espace urbain et érosion accélérée en milieu tropical humide : le cas de la ville de Yaoundé, *les cahiers d'outre-mer*, 47-185 pp. 123-136.
- [14]. **WALLEZ L. (2010)** : Inondations dans les villes d'Afrique de l'ouest : diagnostic et éléments de renforcement des capacités d'adaptation dans le grand Cotonou, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 90 p.