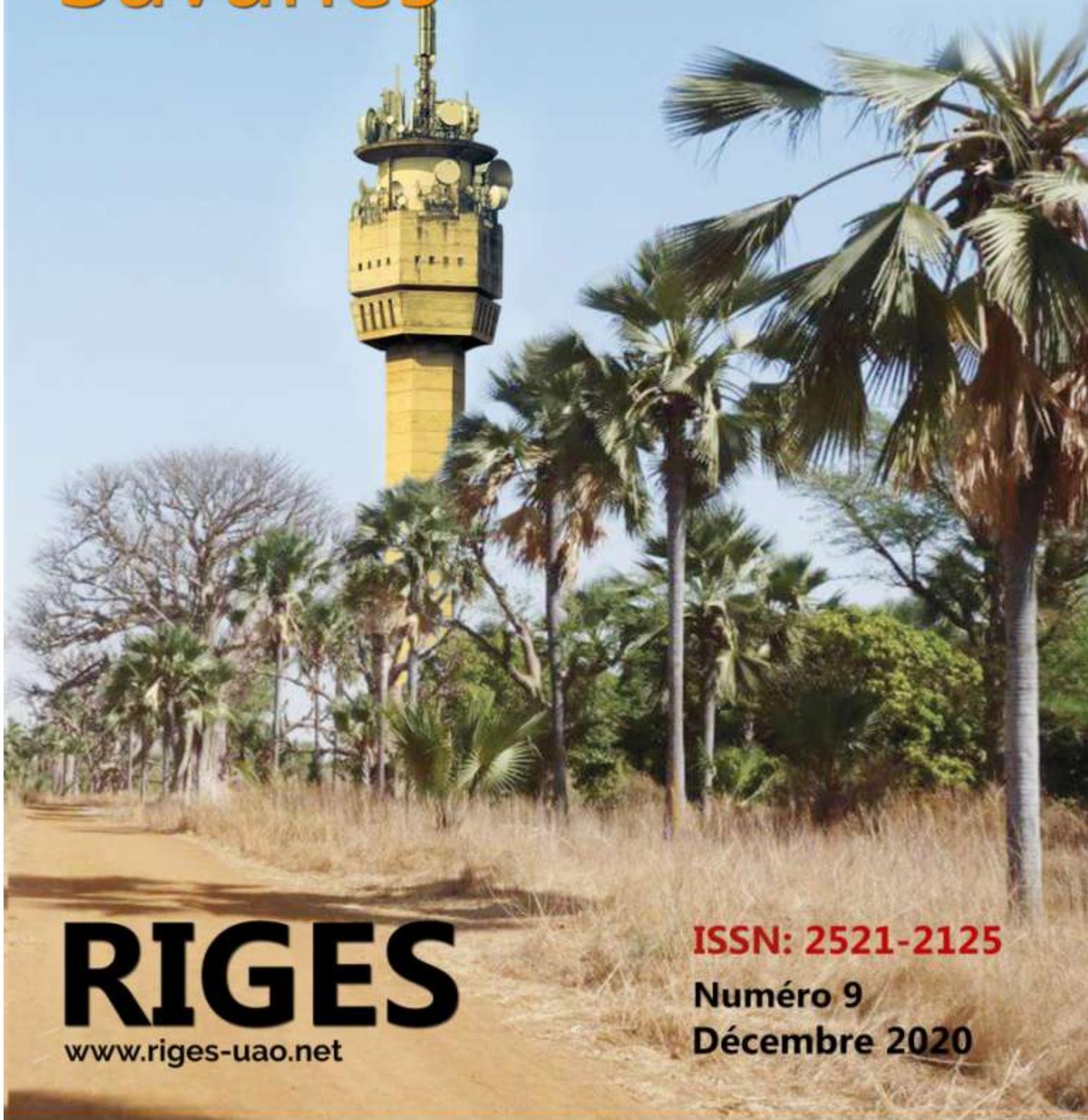


# Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



# RIGES

[www.riges-uao.net](http://www.riges-uao.net)

**ISSN: 2521-2125**

**Numéro 9**

**Décembre 2020**



Publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane OUATTARA de Bouaké

## ADMINISTRATION DE LA REVUE

### *Direction*

Arsène DJAKO, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

### *Secrétariat de rédaction*

- **Joseph P. ASSI-KAUDJHIS**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Konan KOUASSI**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Dhédé Paul Eric KOUAME**, Maître-Assistant à l'UAO
- **Yao Jean-Aimé ASSUE**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Zamblé Armand TRA BI**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Kouakou Hermann Michel KANGA**, Maître-Assistant à l'UAO

### *Comité scientifique*

- **HAUHOUOT** Asseypo Antoine, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **ALOKO** N'Guessan Jérôme, Directeur de Recherches, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **AKIBODÉ** Koffi Ayéchoro†, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **BOKO** Michel, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Benin)
- **ANOH** Kouassi Paul, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **MOTCHO** Kokou Henri, Professeur Titulaire, Université de Zinder (Niger)
- **DIOP** Amadou, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **SOW** Amadou Abdoul, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **DIOP** Oumar, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)
- **WAKPONOU** Anselme, Professeur HDR, Université de N'Gaoundéré (Cameroun)
- **KOBY** Assa Théophile, Maître de Conférences, UFHB (Côte d'Ivoire)
- **SOKEMAWU** Koudzo, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **HETCHELI** Follygan, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **GIBIGAYE** Moussa, Professeur Titulaire, UAC, (Bénin)
- **KADOUZA** Padabô, Professeur Titulaire, Université de Kara (Togo)

## EDITORIAL

La création de RIGES résulte de l'engagement scientifique du Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. RIGES est une revue généraliste de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des mutations en cours issues des désorganisations structurelles et fonctionnelles des espaces produits. La revue maintient sa ferme volonté de mutualiser des savoirs venus d'horizons divers, dans un esprit d'échange, pour mieux mettre en discussion les problèmes actuels ou émergents du monde contemporain afin d'en éclairer les enjeux cruciaux. Les rapports entre les sociétés et le milieu naturel, la production agricole, l'amélioration des conditions de vie des populations rurales et urbaines, l'accès à l'eau potable, le développement territorial, les migrations et les questions sanitaires ont fait l'objet d'analyse dans ce présent numéro. RIGES réaffirme sa ferme volonté d'être au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent aux enjeux, défis et perspectives des mutations de l'espace produit, construit, façonné en tant qu'objet de recherche. A cet effet, RIGES accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées à la pensée géographique dans cette globalisation et mondialisation des problèmes qui appellent la rencontre du travail de la pensée prospective et de la solidarité des peuples.

**Secrétariat de rédaction**

**KOUASSI Konan**

## COMITE DE LECTURE

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- BECHI Grah Félix, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- MOUSSA Diakité, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- VEI Kpan Noël, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- TOZAN Bi Zah Lazare, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire).

## Sommaire

<p><b>Kuasi Apéléte ESIAKU, Komi Selom KLASSOU, Somiyabalo PILABINA</b></p> <p><i>Les tendances pluviométriques récentes et leurs impacts hydrologiques dans le bassin versant du lac Togo</i></p>	7
<p><b>YAMEOGO Augustin, PALE Sié, OUEDRAOGO Blaise, SOME Yélézouomin Stéphane Corentin, DA Dapola Evariste Constant</b></p> <p><i>Agrobusiness et dynamique du couvert végétal dans la commune de Sapouy (Centre-Ouest, Burkina Faso)</i></p>	23
<p><b>MALAM SOULEY Bassirou</b></p> <p><i>La Lybie, destination migratoire préférée des populations Kanouris au Niger Centre-Est</i></p>	38
<p><b>LEMOUOGUE Joséphine, GUELNODJI Arsène</b></p> <p><i>Accès à l'eau potable et potentielles implications sanitaires dans les camps de réfugiés de Goré au sud du Tchad</i></p>	56
<p><b>IBRAHIM Arola-Gbadé Ayidé Idriss, Jaurès TANMAKPI, Placide CLEDJO</b></p> <p><i>Analyse des facteurs de résilience des populations riveraines de la Commune des Aguégoués aux maladies hydriques</i></p>	79
<p><b>GOHOUROU Florent</b></p> <p><i>Populations locales et stratégies de développement de l'économie agricole à Bonon (centre-ouest ivoirien)</i></p>	98
<p><b>Frédéric Armel MEMEL, Téré GOGBE</b></p> <p><i>Production de lotissements privés dans la commune de Songon en Côte d'Ivoire</i></p>	114
<p><b>KONLANI Nayondjoa</b></p> <p><i>Disparition des terroirs ruraux et insertion urbaine des populations de la commune d'Agoenyive 1 dans les périphéries nord de Lomé</i></p>	136

<p><b>David Renaud N'TAKPÉ, André Della ALLA,</b></p> <p><i>Vulnérabilité des populations aux maladies à transmission hydriques dans la ville d'Aboisso (sud-est de la Côte d'Ivoire)</i></p>	152
<p><b>KOUAME Dhédé Paul Eric</b></p> <p><i>Crise de la main-d'œuvre agricoles et stratégies d'adaptation des cacaoculteurs de la sous-préfecture de Buyo</i></p>	173
<p><b>MENDOUGA Yannick, NGUIJOI Gabriel Cyrille, AMAGNOUBA TCHIO Caroline, ELONG NGANDO EPOSSY Marthe aimée</b></p> <p><i>Construction du Corridor Douala-Bangui et mutations socio-économiques et territoriales dans la zone d'Awaé</i></p>	193
<p><b>BAGRE Philippe, DAMA BALIMA Mariam Myriam, KAMBIRE Sami Hyacinthe</b></p> <p><i>Pressions anthropiques sur les ressources en eau de l'espace de gestion du Comité Local de l'Eau Noula au Burkina Faso</i></p>	212
<p><b>N'ZUE N'Guessan Stéphane, KALOU Bi Kalou Didier, ZAH Bi Tozan</b></p> <p><i>Enjeux de l'essor des mototaxis dans la ville de Korhogo dans un contexte post-crise militaro-politique en Côte d'Ivoire</i></p>	232
<p><b>KOUAME Kouadio Arnaud, GOHOUROU Florent, ADOU Diané Lucien</b></p> <p><i>Enjeux fonciers et environnementaux liés à l'exploitation des parcelles villageoises pour l'extraction de matériaux graveleux : Cas de l'aménagement de la Route Bouna-Doropo-Frontière Burkina-Faso</i></p>	249
<p><b>GUEI Faustin, ASSUE Yao Jean-Aimé</b></p> <p><i>Echecs scolaires dans les classes d'examen des établissements secondaires d'enseignement public de la ville de Bouaké dans un contexte de reconstruction post-crise : diagnostic et perspective.</i></p>	264
<p><b>Dickens Noumh Kouakou ATCHEREMI, Jean Kan Kouamé, Bachir Mahaman SALEY, Roger Jean Patrice JOURDA, René BALLIET</b></p> <p><i>Analyse de la perception paysanne et de l'adaptation au changement climatique et à la pression anthropique dans le bassin versant de rivière Davo (sud-ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	288

<p><b>Sélori Komi KLASSOU, Nelson S. Akintola AKIBODE, Kouami KOKOU, Koudzo SOKEMAWU</b></p> <p><i>Fleuve mono et vulnérabilité des communautés riveraines en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto</i></p>	<p>306</p>
<p><b>MAFOU Kouassi Combo</b></p> <p><i>Intégration des populations agricoles du milieu rural dans la sous-préfecture d'Oumé (centre-ouest ivoirien)</i></p>	<p>337</p>

## **FLEUVE MONO ET VULNERABILITE DES COMMUNAUTES RIVERAINES EN AVAL DU BARRAGE HYDROELECTRIQUE DE NANGBETO**

**Sélom Komi KLASSOU**, Maître de Conférences  
Département de Géographie, Université de Lomé  
E-mail : [klasselom@yahoo.fr](mailto:klasselom@yahoo.fr)

**Nelson S. Akintola AKIBODE**, Doctorant  
Agence Nationale de la Protection Civile  
E-mail : [nelson.akibode@gmail.com](mailto:nelson.akibode@gmail.com)

**Essosinam KOZOLINE**, Agence Nationale de la Protection Civile  
E-mail : [essosinamkozoline@gmail.com](mailto:essosinamkozoline@gmail.com)

**Kouami KOKOU**, Professeur Titulaire  
Directeur National de la Recherche/UL  
E-mail : [kokoukouami@hotmail.com](mailto:kokoukouami@hotmail.com)

**Koudzo SOKEMAWU**, Professeur Titulaire de Géographie  
Département de Géographie, Université de Lomé  
E-mail : [yves.soke@yahoo.fr](mailto:yves.soke@yahoo.fr)

### **Résumé**

Au Togo et au Bénin, pays frontaliers partageant le bassin versant du fleuve Mono en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto, les communautés riveraines jadis à l'abri de dangers liés au fonctionnement hydrologique du cours d'eau enregistrent depuis l'année 2000 des catastrophes d'inondation. La tendance étant à l'aggravation de la situation avec la récurrence des inondations, il urge de trouver des solutions idoines de résilience. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux du présent article. L'approche méthodologique de l'étude est la démarche classique, en s'appuyant sur les travaux de terrain, a consisté à fixer un référentiel temporel et spatial pour la collecte des données alphanumériques hydrométéorologiques et socioéconomiques, ensuite à analyser les résultats du traitement. Il est à retenir des travaux de l'étude qu'outre les perturbations du régime pluviométrique dont dépend celui hydrologique, les caractéristiques physiographiques du bassin du Mono sont pour une part des facteurs déterminants dans la vulnérabilité des communautés riveraines aux inondations.

**Mots-clés** : Perturbations climatiques, vulnérabilité, inondations, catastrophe, capacité d'adaptation.

## **Abstract**

In Togo and Benin, border countries sharing the watershed of the Mono River downstream of the Nangbéto hydroelectric dam, the riparian communities formerly sheltered from dangers linked to the hydrological functioning of the watercourse have been recording disasters for since year 2000 flood. The trend being to worsen the situation with the recurrence of floods, it is urgent to find suitable solutions of resilience. It is in this context that the work of this article takes place. The methodological approach of the study is the classic approach, based on field work, consisted of setting a temporal and spatial reference frame for the collection of alphanumeric hydrometeorological and socioeconomic data, then analyzing the results of the treatment. It should be noted from the work of the study that in addition to the disturbances of the rainfall regime on which the hydrological one depends; the physiographic characteristics of the Mono watershed are partly determining factors in the vulnerability of riparian communities to flooding.

**Keywords:** Climatic disturbances, vulnerability, floods, disasters, adaptive capacity.

## **Introduction**

Le Togo, à l'instar des Etats de l'Afrique de l'ouest, enregistre depuis l'année 2000 suite aux pluies diluviennes lors des saisons pluvieuses des inondations causant de dégâts matériels importants, des pertes économiques et parfois des pertes en vies humaines. Travaillant sur l'impact des changements climatiques et la santé humaine, Bamali Tahontan (2000, p.25-31) a cité le chercheur suédois Svante Arrhenius (1986) pour expliquer ce fait qui serait lié au réchauffement de la planète dû à l'augmentation de l'effet de serre. Klassou Komi Sélom (1996, p.167-235) mettant en évidence le rôle capital de la distribution des pluies dans l'identification et la classification des types de climats aux basses latitudes, a relevé dans la basse vallée du fleuve Mono des éléments probants justificatifs des pluies diluviennes. Parmi ceux-ci figurent la variation spatio-temporelle des précipitations, la distribution fréquentielle des hauteurs de pluies en régimes bimodal et monomodal dont dépend le régime hydrologique du cours d'eau. Dans la basse vallée du Mono, en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto, en périodes de hautes eaux, la survenue des inondations affecte sévèrement les conditions de vie des localités riveraines vulnérables des préfectures de Yoto, du Bas-Mono, des Lacs au Togo et des départements du Couffo et du Mono au Bénin. Selon Sena Pricette Dovonou-Vinagbe (2017, p.54), citant Wolf (2009), la vulnérabilité exprime la possibilité qu'une blessure, un aléa ou malheur, etc. survienne et affecte l'élément qui y est exposé. Elle en déduit par conséquent que le concept de vulnérabilité traite de l'incertitude.

Quelles sont les principales causes qui seraient à l'origine des inondations de plus en plus récurrentes, source de la vulnérabilité des communautés riveraines du fleuve Mono en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto ? Le présent article a pour objectifs d'identifier les principales causes qui sont à l'origine des inondations et de proposer des solutions dont la mise en œuvre contribuera à accroître la résilience des communautés riveraines.

## **1. Présentation du milieu**

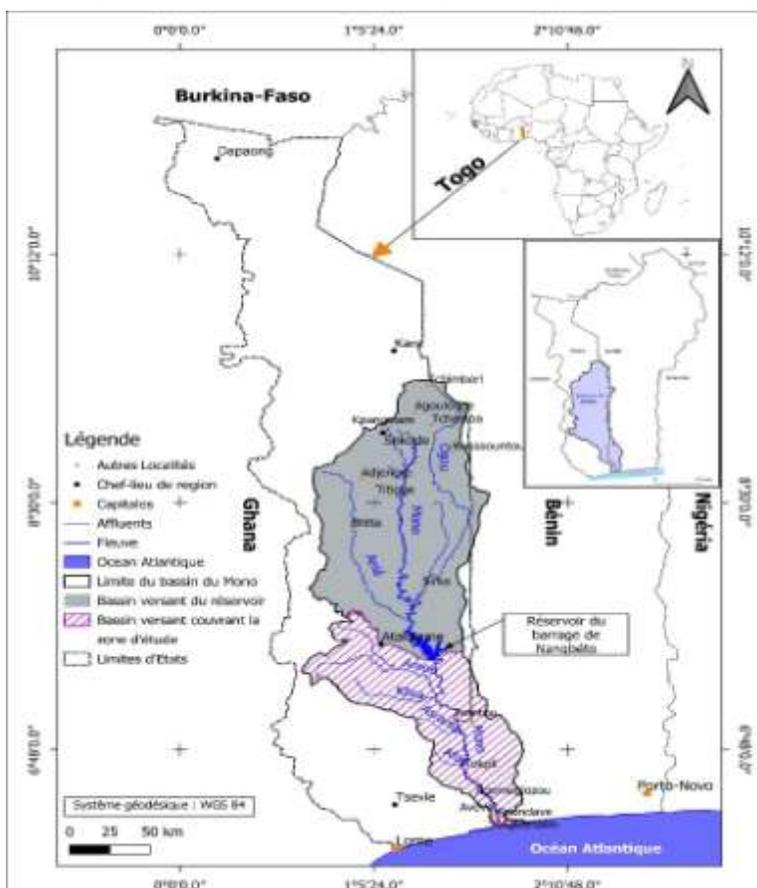
D'une longueur totale de 560 km, le Mono délimite la frontière entre le Bénin et le Togo, sur près de 148 km<sup>1</sup>. Son bassin versant est situé entre les latitudes 6°15'25.2'' - 9°20'52.8'' Nord et entre les longitudes 0°41'56.4'' - 1°55' 30.6'' Est. Il prend sa source dans les Monts Alédjo au nord du Bénin, traverse le Togo et se jette dans l'Océan Atlantique par la passe appelée la "Bouche du Roi" à Vodounoukodji<sup>2</sup> à Grand-Popo (Carte n°1). Il coule sur des formations de socle cristallin et des dépôts du bassin sédimentaire côtier. Les dépôts sédimentaires sont représentés par : des sables quartzeux à passées graveleuses et des sables francs à granulométrie variée avec des niveaux glauconieux ; une alternance de sables, d'argile, de calcaires et de marnes et des nodules phosphatés. Le Mono est drainé par un relief peu accidenté (400 à 900 m) avec en aval la plaine alluviale aux altitudes relativement faibles (0 à 250 m) par rapport au niveau de la mer. Le bassin versant du Mono est sous l'influence de deux régimes climatiques sur le territoire togolais séparés par une zone de transition autour de la 8<sup>ème</sup> latitude. Il s'agit du régime tropical soudanien au Nord, avec deux grandes saisons de 6 mois chacune, une saison pluvieuse et une saison sèche. La pluviométrie moyenne varie entre 850 et 1400 mm et le régime tropical guinéen au Sud caractérisé par quatre 4 saisons ; deux saisons pluvieuses dont une grande de 5 mois et deux saisons sèches dont une grande de 5 mois. La pluviométrie annuelle variant de 900 à 1100 mm. Les températures annuelles moyennes, minimales, et maximales sont respectivement de l'ordre de 26.5°C, 15°C et 37°C. L'humidité relative moyenne varie entre 60 et 80%. Selon la DGMN, au cours des 45 dernières années, il est constaté une diminution de la pluviométrie et du nombre de jours de pluies, ainsi qu'une augmentation de la température. En outre, le ratio Pluviométrie/Evapotranspiration Potentielle (P/ETP) qui est l'indice d'aridité est également en baisse, témoignant de la tendance à l'assèchement du climat.

---

<sup>1</sup> Le Barbé & al.

<sup>2</sup> Houndénou, 1988

Carte n°1 : Carte de situation du bassin versant du fleuve Mono



Source : Modèle Numérique de Terrain (MNT) et le fond de carte d'image StreetMap extrait de Google Earth, Travaux de terrain et la revue documentaire, 2018

Le réseau hydrographique du Mono peu dense est plus développé sur le territoire togolais. Ses bassins versants amont et aval sont délimités par les chutes et rapides qui abritent le barrage hydroélectrique de Nangbéto. Les principaux affluents du Mono sont : au Togo, l'Ogou, l'Anié, l'Amou, Amoutchou, le Khra et au Bénin, la Sazué qui reçoit le Dévédo et le Savédo sur la rive gauche. Hormis le grand réservoir artificiel d'eau du barrage hydroélectrique de Nangbéto sur le territoire togolais, il existe une miriade de plans d'eau sur le territoire béninois parmi lesquels les lacs Wozo (0,74 km<sup>2</sup>), Togbadji (4 km<sup>2</sup>), Dati (0,74 km<sup>2</sup>), Doukon (0,4 km<sup>2</sup>), Djèto (0,1 à 0,2 km<sup>2</sup>), Toho (9,6 km<sup>2</sup>), Gbo, Dré, Godogba.

Les principaux sols dans le bassin versant du Mono sont les vertisols, les sols ferrugineux tropicaux à sesquioxides de fer et les sols faiblement ferralitiques. Les vertisols plus étendus dans les plaines d'inondation très peu profonds et perméables sont plus localisés dans le nord de la préfecture de Bas-Mono et au sud de la préfecture de Yoto. La zone de l'étude s'étend sur les zones écologiques correspondant

respectivement à la plaine centrale couverte de forêts sèches et la zone côtière du Sud. Les formations végétales, liées à la pédologie, la géomorphologie locale, au climat et régimes hydrologiques, sont constituées de trois principaux types de végétation : la forêt galerie en voie de régression ; la forêt dégradée couvrant tous les terrains non cultivés ou en jachère et la prairie herbacée plus dominante dans les dépressions. Malgré les fortes pressions anthropiques sur les ressources et leurs habitats, la faune reste variée. On y trouve des invertébrés (mollusques, insectes, crustacés, etc.), poissons des eaux douce et saumâtre, petits mammifères, reptiles, oiseaux et amphibiens. Aussi, existe-t-il de grands mammifères (hippopotames et céphalophes) dans les eaux et formations végétales de la plaine du Mono (MERF/PNUD/GEF, 2009, p.19 et 24).

L'environnement humain dans le bassin du Mono est caractérisé par une démographie galopante, une diversité d'activités économiques notamment l'agriculture, la pêche, l'élevage, la chasse, l'exploitation forestière, l'extraction de sédiments, la pharmacopée, les échanges commerciaux, les prestations de services dont l'approvisionnement en eau de boisson, la distribution de l'énergie électrique, l'éducation, la santé, la communication.

## **2. Approche méthodologique de l'étude**

### ***2.1 Méthodologies recensées et matériels utilisés***

Une analyse croisée des différentes méthodologies utilisées dans les travaux répertoriés par la revue documentaire dans le cadre de cette étude montre que toutes les recherches, notamment hydrologiques, climato-hydrologique, morphodynamique, dynamique hydro-sédimentaire de bassin fluvial, impacts de la vulnérabilité hydro-climatique avec au centre la dimension humaine, ont adopté dans la majorité des cas la démarche classique.

Cette démarche classique a consisté essentiellement à procéder à fixer un référentiel temporel et spatial pour l'étude, à réaliser des profils topographiques et la cartographie, à conduire des travaux de terrain et de laboratoire consacrés aux observations et des enquêtes socioéconomiques basées sur des interviews et la collecte de données auprès des populations riveraines, à collecter des données de l'évolution démographique, à effectuer des mesures et relevés de coordonnées géographiques, à faire des levés topographiques, à faire le suivi périodique du réseau hydrographique et le fonctionnement hydrologique du barrage hydroélectrique et hydro-agricoles, à faire le dépouillement, l'analyse et l'interprétation des données collectées basées sur des techniques appropriées. Partant, l'étude s'est appuyé sur cinq grands types de données notamment les données météorologiques (pluie, température...), hydrologiques

(hauteurs d'eau, débits et coefficients d'écoulement...), topographiques (cotes de niveau, pentes, crêtes ou lignes de rupture, modèles géomorphologiques et profils topographiques, longitudinal et transversal de chenal, couverture végétale), faits environnementaux et socioéconomiques (démographie/densités, occupation du sol ou états de surface, Activités Génératrices de Revenu (AGR).

### ***2.1.1. Définition d'un référentiel temporel et spatial***

Le référentiel temporel et spatial de l'étude est fixé en s'appuyant sur les séries statistiques de courtes, moyennes et longues durées des stations et réseaux pluviométriques et hydrométriques disponibles à l'échelle nationale, régionale et locale. Au total on dénombre six (06) postes synoptiques, un (01) climatologique et-vingt-un (21) pluviométriques situés dans le bassin du fleuve Mono et zones proches pouvant fournir de données pour l'étude. Le choix des stations dont les données sont utilisées pour cette étude a nécessité la prise en compte de trois critères : la série chronique, le champ couvert d'une station synoptique, la position géographique par rapport au bassin, la régularité de collecte et la qualité des données (faible pourcentage de lacunes dans les séries observées). Selon la Direction Générale de la Météorologie Nationale le champ de couverture d'une station synoptique s'étend de 25 à 50 km de rayon et celui d'un pluviomètre est de 5 à 10 km. Ce critère élimine la prise en compte des données des stations synoptiques de Lomé, de Ouidah et de Cotonou situées à plus de 70 km du bassin du Mono pouvant disposer de données fiables. Sur la base de ces critères et les résultats issus de l'inventaire des données collectées, deux (02) stations synoptiques ont été retenues comme stations de référence pour cette étude. Il s'agit des stations synoptiques de d'Atakpamé et de Tabligbo. Elles couvrent les stations et postes pluviométriques dont les données manquent partiellement ou cruellement. Le réseau hydrométrique retenu pour l'analyse hydrologique du bassin du Mono est composé de 5 postes couvrant le site de l'étude. Il s'agit des postes d'Anié, Nangbéto, Tététou, Gléi, Wahala et Athiémé. En définitive, il ressort de l'inventaire et de l'état des données climatiques et hydrométriques collectées de retenir deux séries pluviométrique et hydrologique de vingt-cinq (25) ans séparés par l'année de mise en eau en 1987 du barrage de Nangbéto. Elles s'étendent de 1962 à 1987 et de 1987 à 2012 soit les données d'observation de 50 ans.

### ***2.1.2. Détermination des sous bassins versants du fleuve Mono***

Un bassin versant est l'aire de collecte limitée par le contour à l'intérieur duquel s'accumulent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers une sortie. Il est découpé en sous bassins versants selon la dynamique du réseau

hydrographique à des échelles variées. En vue de délimiter les principaux sous bassins versants du Mono, il a été procédé au paramétrage<sup>3</sup> avec le logiciel Global Mapper<sup>4</sup> (Tableau n°1).

**Tableau n°1 : Unités de seuil de flux d'eau drainé et nombre de sous bassins versants**

N°	Valeur du nombre de cellules de flux	Nbre de bassin versant	Nbre de sous bassins versants	Amont du réservoir	Aval du réservoir	Durée de vie des flux d'eau
1	100 000	1	117	77	40	Quelques minutes à heures après la pluie
2	200 000	1	64	43	21	2 jours à une semaine maximum après la pluie
3	400 000	1	25	13	12	1 à 3 mois et plus après la fin des saisons de pluie
4	600 000	1	22	13	9	
5	800 000	1	17	9	8	
6	1 000 000	1	15	8	7	

Source : Travaux de l'étude.

Dans la recherche des caractéristiques des sous bassins versants pouvant justifier l'inondation des localités riveraines du Mono, l'étude a choisi le bassin versant issu du paramétrage dont la valeur de l'unité de seuil de flux d'eau drainé simulée est fixée à 400 000. Ce dernier donne une subdivision du grand bassin versant du Mono en vingt-cinq (25) principaux sous bassins dont quinze (13) drainant en amont le réseau hydrographique du Mono, les rivières Anié et Ogou qui alimentent tous le réservoir du barrage de Nangbéto. La partie avale comporte douze (12) sous bassins versants dont dix (10) couvrant la zone de l'étude soit 40 % du grand bassin versant du Mono. L'étude morphométrique d'un tronçon d'un cours d'eau consiste à décrire les caractéristiques morphométriques en plan qui sont les indicateurs hydromorphologiques du fonctionnement de ce dernier. Parmi celles qui expriment le dynamisme fluvial, il y a l'indice de sinuosité, la longueur d'onde, l'amplitude, le rayon de courbure. L'indice de sinuosité (SI) est le paramètre qui permettra d'apprécier l'influence des méandres sur la survenue des inondations dans les localités riveraines. Cet indice obtenu par la méthode du rapport de longueur consiste à mesurer la longueur développée (L dev) du cours d'eau en suivant l'axe du lit mineur, puis de la diviser par la longueur entre les deux mêmes points en suivant l'axe général d'orientation du fleuve appelé « longueur en

<sup>3</sup>Paramétrage en informatique est l'action de régler les paramètres (variable dont dépendent les coefficients de certaines équation) d'une application ou d'un périphérique.

<sup>4</sup>Logiciel de cartographie et de traitement de MNT

suivant l'axe de l'enveloppe du Méandre (L EM) ». Malavoi et Bravard (2010, p.23) proposent quatre classes de sinuosité (SI) basées sur les valeurs ci-après.

- $SI < 1,05$  : cours d'eau rectiligne (lit moyen en tresses et chenalisés) ;
- $1,05 < SI < 1,25$  : cours d'eau sinueux ;
- $1,25 < SI < 1,5$  : cours d'eau très sinueux ;
- $SI > 1,5$  : cours d'eau méandriforme.

## **2.2. Matériels utilisés**

Pour la réalisation des cartes les données d'imagerie satellitaire, de cartographie des régions Maritime<sup>5</sup> et des Plateaux sont extraites de "Earth Explorer" et de "Google Earth" et le logiciel Global Mapper et le Modèle Numérique de Terrain (MNT) sont utilisés. Le GPS de marque GARMIN (GPS V) et la boussole ont été utilisés pour les besoins de géolocalisation des repères et comportements caractéristiques du fleuve. Le volume important des données à traiter a nécessité l'utilisation de logiciels, outils informatiques plus performants pour l'efficacité et le gain de temps. Il s'agit de Microsoft Word 97-2003 et Microsoft Word 2010 et 2016, Microsoft Excel 2003, Microsoft Excel 2010, ArcGis 3.2, le STATA Base. Pour analyser la variabilité climatique, l'indice standardisé des précipitations ou Standardized Precipitation Index (SPI) de Mc Kee Thomas *et al.*, (1993) est utilisé. Selon Ernest Amoussou (2010), cette méthode permet de cibler les années humides ou excédentaires et sèches ou déficitaires des séries étudiées.

## **3. Résultats et Discussion**

### **3.1 Caractéristiques physiographiques du bassin versant du fleuve Mono**

On entend par caractéristiques physiographiques la forme, la topographie, la géologie, la nature et l'occupation du sol. Selon Roche (1963) et Strahler (1964), outre les conditions climatiques qui commandent le fonctionnement d'un bassin versant, ces caractéristiques influencent le volume en termes de bilan et la répartition temporelle en termes d'écoulement. Le logiciel Global Mapper et le MNT d'une résolution de 30 m couvrant le Togo et le Bénin ont permis de réaliser la cartographie du bassin versant du Mono et d'extraire les données liées. Le récapitulatif des données de périmètres (P) et de superficies (A) extraites à l'aide du SIG est présenté dans le tableau n°2.

---

<sup>5</sup>PGICT financé par la Banque Mondiale à travers le GFDRR (Global Fund for Disaster and Risk Reduction)

**Tableau n°2 : Périmètre et superficie du bassin versant du Mono**

n°	Zones	P (km)	A (km <sup>2</sup> )
1	Bassin versant total du Mono	1017,25	24006,52
2	Bassin versant du barrage de Nangbéto	911	15514,7
3	Bassin versant couvrant la zone d'étude	695,1	8497,5
4	Zone d'étude	445,9	1427,03

Source : A partir du MNT et Travaux de reconnaissance de terrain.

Les travaux commandités par la CEDEAO<sup>6</sup> sur l'état des lieux du bassin du fleuve Mono en août 2011, indiquent une superficie de 24300 km<sup>2</sup> soit 21300 km<sup>2</sup> et 3000 km<sup>2</sup> étendue respectivement sur les territoires togolais et béninois et représentant 87,65% et 12,35% de cette superficie. Ce qui correspond respectivement à 38 % et 2,14% du territoire de chacun des deux pays (56000 km<sup>2</sup> et 112000 km<sup>2</sup>). Des deux études on constate la diminution de la superficie du bassin versant qui serait due à l'évolution de la ligne de rupture sous l'effet de l'érosion. La valeur de l'indice (K<sub>c</sub>) de compacité de Gravelius renseigne sur la forme probable du bassin et se calcule  $K_c = P/2(\pi A)^{1/2} = 0,28 P/(A)^{1/2}$ . Plus elle est proche de l'unité, plus le bassin est de forme arrondie et de forme allongée dans le cas contraire. Les valeurs pour différentes parties présentées dans le tableau n°3.

**Tableau n°3 : Indice de compacité de Gravelius**

n°	Zones	P (km)	A (km <sup>2</sup> )	K <sub>c</sub>
1	Bassin versant du Mono	1017,25	24006,52	1,83
2	Bassin versant du barrage de Nangbéto	911	15514,7	2,04
3	Bassin versant couvrant la zone d'étude	695,1	8497,5	2,11
4	Zone d'étude	445,9	1427,03	3,30

Source : MNT, Travaux de l'étude.

Les valeurs 1,83 ; 2,04 ; 2,11 et 3,30 du coefficient K<sub>c</sub> obtenues montrent qu'on peut admettre que le bassin versant du fleuve Mono est de forme allongée. La Dénivelée (D) se rapportant à la différence entre la côte représentant 5% et 95% de la superficie du bassin versant et s'exprimant par la formule  $D = D_{5\%} - D_{95\%}$  donne les valeurs obtenues dans le tableau n°4.

<sup>6</sup>Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (Centre de Coordination des Ressources en Eau/Water Resources Coordination Centre)

**Tableau n°4 : Calcul de la dénivelée**

	Zones	A (km <sup>2</sup> )	D5% (m)	D95% (m)	D(m)
1	Bassin versant total du Mono	24006,52	456,33	174,9	281,43
2	Zone d'étude	1427,03	138	55,9	82,1

Source : Travaux de l'étude.

L'altimétrie se réfère à l'élévation verticale, la hauteur par rapport au niveau moyen de la mer. Les relevés altimétriques de localités cibles sont dressés dans le tableau n°5.

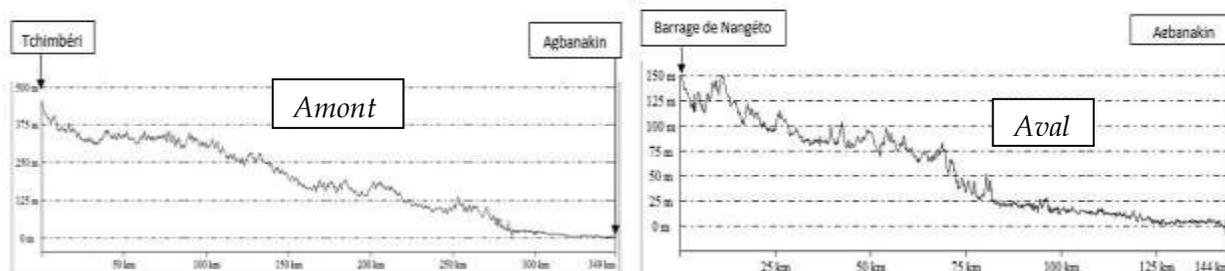
**Tableau n°5 : Relevés altimétriques de localités cibles**

Localités Bassins	Tchimbéri	Tchamba	Nangbéto	Tokpli	Athiém è	Agbanakin	Grand-Popo
Amont	500 m	375 m	-	-	-	-	-
Aval	-	-	150 m	25 m	15 m	3,5 m	-2 m

Source : Revue documentaire et travaux de terrain.

Le profil longitudinal de l'ensemble du bassin versant du Mono et celui de la zone étudiée réalisés en s'appuyant sur le logiciel Global Mapper se présentent comme suit (Figure n°1).

**Figure n°1 : Profil longitudinal du Mono**



Source : Travaux de l'étude.

Le point le plus haut du bassin versant se trouve à une altitude à Alédjo (Kadara) et celui le plus bas est à Agbanakin (Houkuihoué) où le Mono sort du territoire togolais pour poursuivre son cours jusqu'à l'embouchure par la "Bouche du Roi" à Grand-Popo au Bénin. L'indice de pente globale (I<sub>g</sub>), étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface et la longueur du rectangle équivalent du bassin versant, calculé selon Roche (1963) donne les valeurs obtenues dans le tableau n°6.

**Tableau n°6 : Calcul de l'indice de pente globale**

	Zones	P (km)	D (5% -95%)	Ig (m/km)
1	Bassin versant du Mono	1017,25	281,4	27,66
2	Zone d'étude	445,9	82,1	18,41

Source : Travaux de l'étude.

La Dénivelée spécifique étant le produit de l'indice de pente global (Ig) par la racine carrée de la superficie du bassin versant calculée donne les résultats dans le tableau n°7.

**Tableau n°7 : Calcul de la dénivelée spécifique**

	Zones	A (km <sup>2</sup> )	(A) <sup>1/2</sup>	Ig (m/km)	Ds (m)
1	Bassin versant total du Mono	24006,52	154,94	27,66	41,83
2	Zone d'étude	1427,03	37,77	18,41	6,8

Source : Travaux de l'étude.

La Ds calculée de valeur inférieure à 100 m est de 41,83 m et 6,8 m respectivement pour l'ensemble du bassin et pour la zone étudiée. Partant on peut admettre que le relief dans l'ensemble est peu accidenté. La zone étudiée avec la Ds de valeur 6,8 m est plus dominée par un relief de plaine drainant les principaux affluents du Mono au Togo tels que l'Ogou, l'Anié, l'Amou, Amoutchou, le Khra et au Bénin, la Sazué, le Dévédo, le Savédo (Carte n°2). La densité de drainage (Dd) exprimée en km/km<sup>2</sup> est le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant (Tableau n°8).

La densité de drainage pour l'ensemble du bassin versant donne Dd = 0,054 km/km<sup>2</sup>. L'ordre des cours d'eau définit le degré de développement du réseau hydrographique. Il est établi à partir de l'organisation spatiale des confluences au sein du réseau hydrographique. La classification la plus utilisée est celle de Strahler (1957). En se référant à l'École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement (ENGEES) de l'Université de Strasbourg en France, l'ordre du bassin versant est l'ordre de son cours d'eau principal suivant les trois principaux critères proposés par Horton (1945) puis modifié par Strahler (1957).

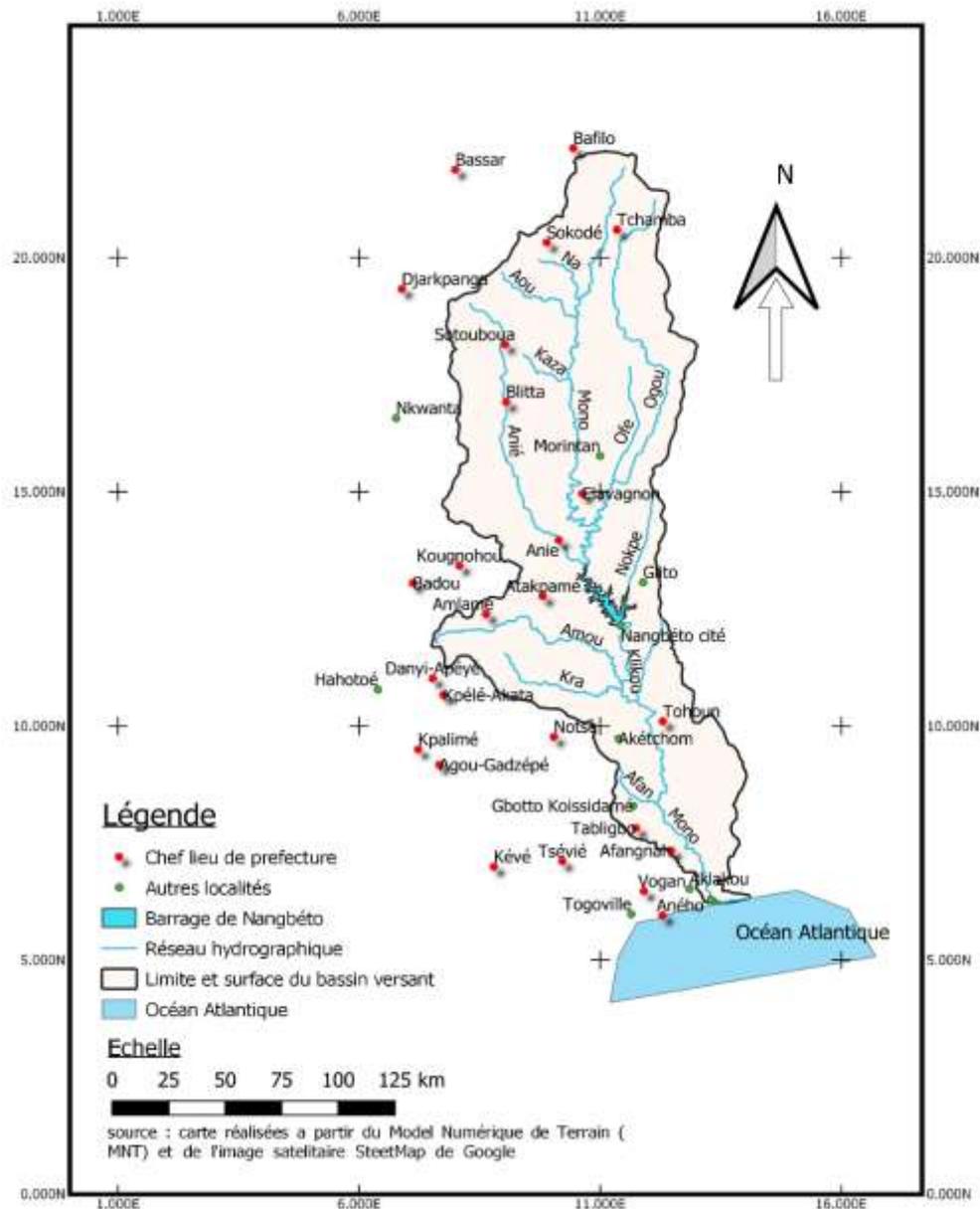
**Tableau n°8 : Récapitulatif de la longueur du réseau hydrographique du Mono**

N°	Principaux cours d'eau et affluents	Longueur (Km)
1	Mono	560
2	Ogou	210
3	Anié	161
4	Amou	114
5	Amoutchou	62
6	Khra	69
7	Sazué	63
9	Dévédo	22
10	Savédo	40
	Total	1301

Source : Modèle Numérique de Terrain (MNT) et revue documentaire, 2018.

Il s'agit de : tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre 1 ; le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux ; le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de 1. Se basant sur ces critères les affluents du Mono notamment Aou, Ofè, Ogou, Anié, Amou, Kra, Klikou, Afan sont d'ordre 1. Le cours principal du Mono qui fait son entrée dans le réservoir en eau du barrage hydroélectrique de Nangbéto est d'ordre 3. Cet ordre de réseau hydrographique est maintenu après les affluents Amou, Khra, Klikou, Afan jusqu'à sa sortie sur le territoire béninois.

Carte n°2 : Réseau hydrographique du fleuve Mono



Source : Modèle Numérique de Terrain (MNT) et le fond de carte d'image StreetMap extrait de Google Earth, Travaux de terrain et revue documentaire, 2018.

Le résumé des caractéristiques physiographiques du bassin versant du Mono est dressé dans le tableau n°9.

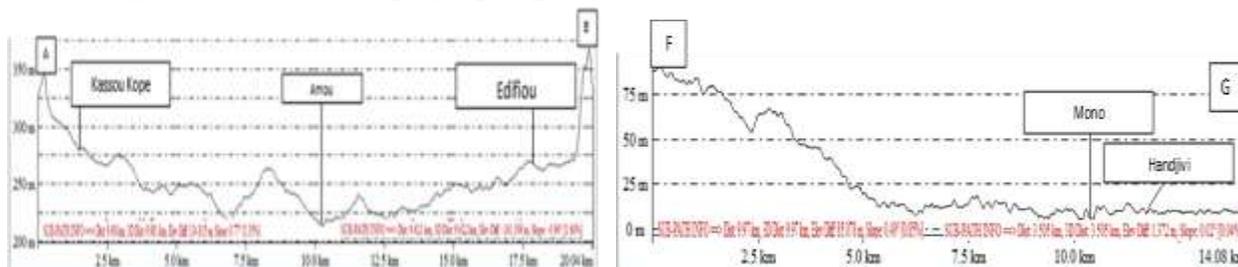
**Tableau n°9 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant du Mono**

N°	Paramètres physiographiques du fleuve Mono	Valeurs
1	Périmètre du bassin versant (km)	1017,25
2	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	24006,52
3 <sup>7</sup>	Longueur du rectangle équivalent du bassin (km)	338,36
	Largeur du rectangle équivalent du bassin (km)	138
	Largeur moyenne du rectangle équivalent du bassin (km)	73,3
4	Indice de compacité de Gravelius (K <sub>c</sub> )	1,83
5	Dénivelée (D5% - D95%) m	281,4
6	Indice global de pente (I <sub>g</sub> ) m/km	27,66
9	Dénivelée spécifique (m)	41,83
10 <sup>8</sup>	Pente maxi du cours principal du Mono (%)	6,06
	Pente moyenne du cours principal du Mono (%)	1,3
	Pente mini du cours principal du Mono (%)	0,04
13	Densité de drainage (km/km <sup>2</sup> )	0,054
14	Rang de classification <sup>9</sup> du Mono	3

Source : Travaux de l'étude.

Les données de pentes du bassin versant du fleuve Mono extraites permettent de noter que le fleuve Mono est drainé en amont par des pentes fortes et en aval par des pentes faibles. Elles montrent que la plaine alluviale développe des pentes faibles ne dépassant pas 2°. Les versants ont des pentes qui varient de 5° à 57°. Dans la zone de l'étude, les valeurs de pentes du bassin versant varient de 0 à 48% avec une tendance dominante de plaine alluviale de pentes très faibles. Ces dernières sont de valeurs comprises entre 0 et 1,5%. Les secteurs à proximité du barrage sont étendus sur des surfaces de faibles pentes. Les profils topographiques transversaux réalisés, montrent de façon générale que la topographie du bassin versant en aval du barrage du barrage de Nangbéto n'est pas homogène. Ils indiquent également l'ampleur de l'érosion des surfaces et la densité de ramification des écoulements qui alimentent le cours principal du Mono (Figure n°2).

**Figure n°2 : Profil topographiques transversaux de sous bassins du Mono**



Source : Travaux de l'étude.

<sup>7</sup> Carte de longueur, largeur et largeur moyenne équivalentes du BV

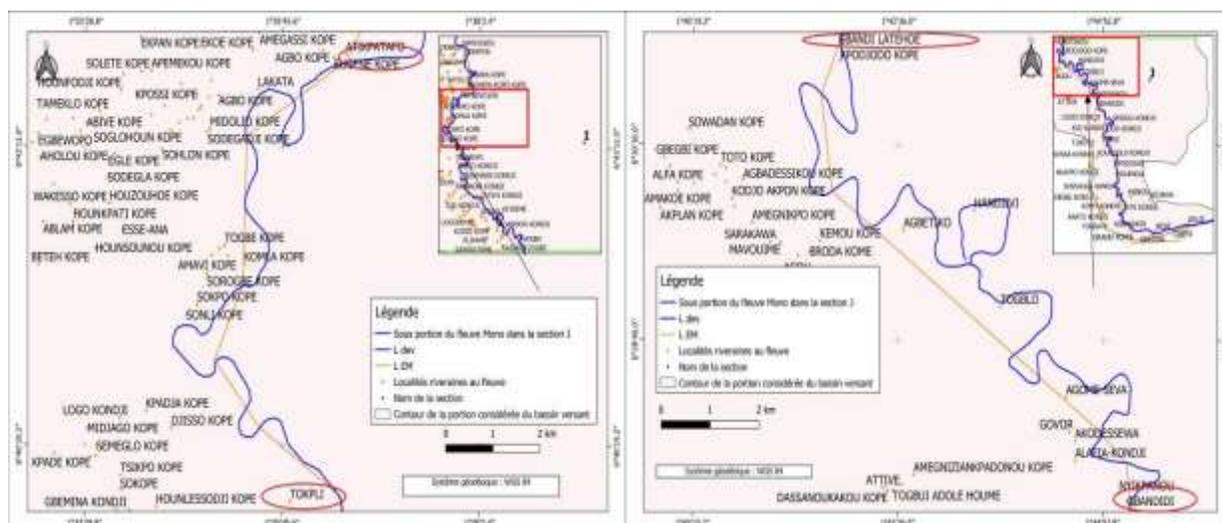
<sup>8</sup> Cartes étude des pentes du BV

<sup>9</sup> Selon Strahler

### 3.2. Méandres du fleuve Mono dans la zone étude

En vue de mieux apprécier, ses caractéristiques hydromorphologiques liées aux méandres, le bassin a été découpé en cinq (05) sections et sous-sections (Carte n°3).

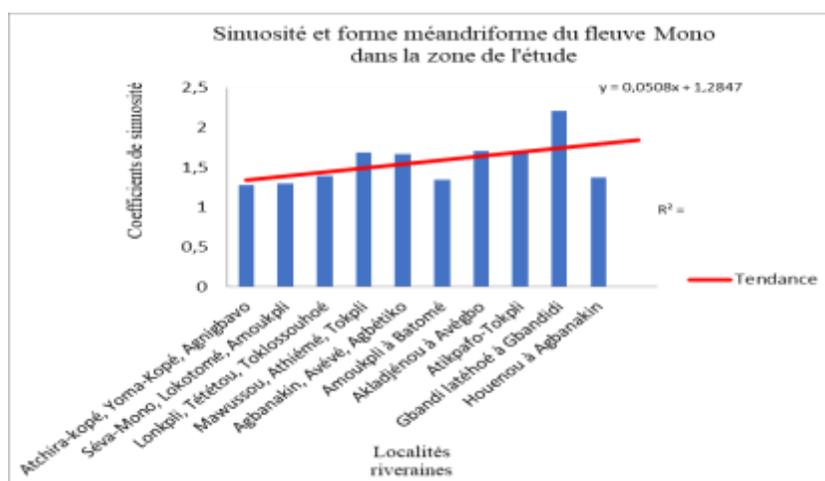
Carte n°3 : Sections en exemples de méandres sinueux et méandriformes



Source : Travaux de l'étude.

Une interprétation graphique (Figure n°3), des données de coefficients de sinuosité, a permis de noter que la vallée du Mono en aval est caractérisée par un lit sinueux et méandres de forme méandriforme, unités géomorphologiques caractéristiques de cours d'eau peu encaissés.

Figure n°3 : Tendances de sinuosité et méandriforme en aval du fleuve Mono



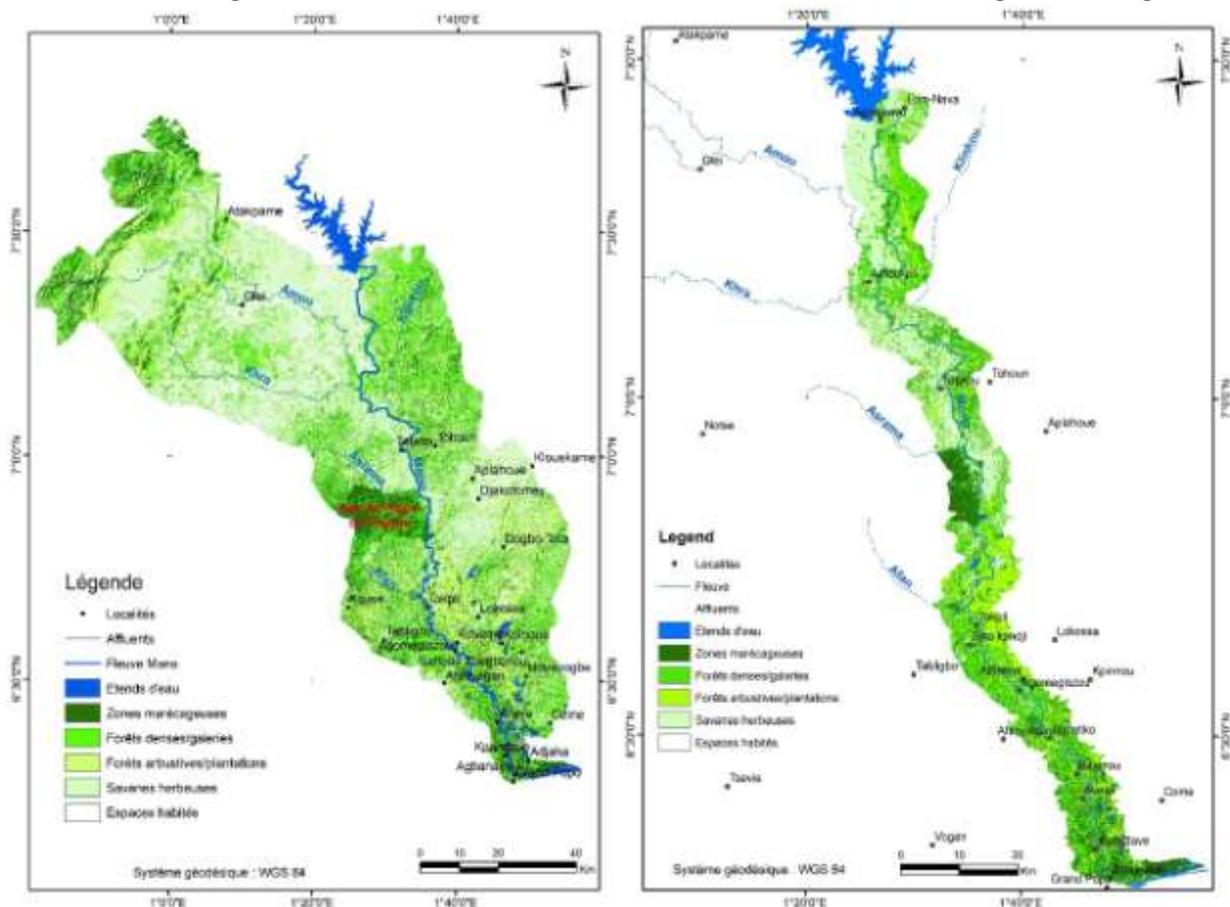
Source : Travaux de l'étude.

Ce travail sur le caractère sinueux et méandriforme du Mono et les observations de terrain montrent que les méandres sont très prononcés dans certaines localités riveraines qui subissent chaque année les crues en période de hautes eaux.

### 3.3. Végétation en aval du barrage de Nangbéto

En se basant sur les définitions et la classification de la végétation, le bassin du Mono en aval du barrage hydroélectrique est couvert de forêts galeries, de forêts arbustives ou d'exploitations forestières et des savanes herbeuses (carte n°4). Dégradé, le domaine des savanes herbeuses est le plus étendu suivi de forêts arbustives. La distribution des espaces marécageux, outre l'aire protégée (AP) de Togodo située presque à mi-parcours de la basse vallée, la partie sud du bassin est parsemée de marécages de tailles variant d'environ 10 à 150 m<sup>2</sup>. La dégradation du couvert végétal est en partie liée aux besoins fonciers pour l'agriculture, l'habitation, la recherche du bois de chauffe, du gravier et le prélèvement de sédiments dans les terrasses alluviales.

Carte n°4 : Végétation du bassin versant du Mono en aval du barrage de Nangbéto



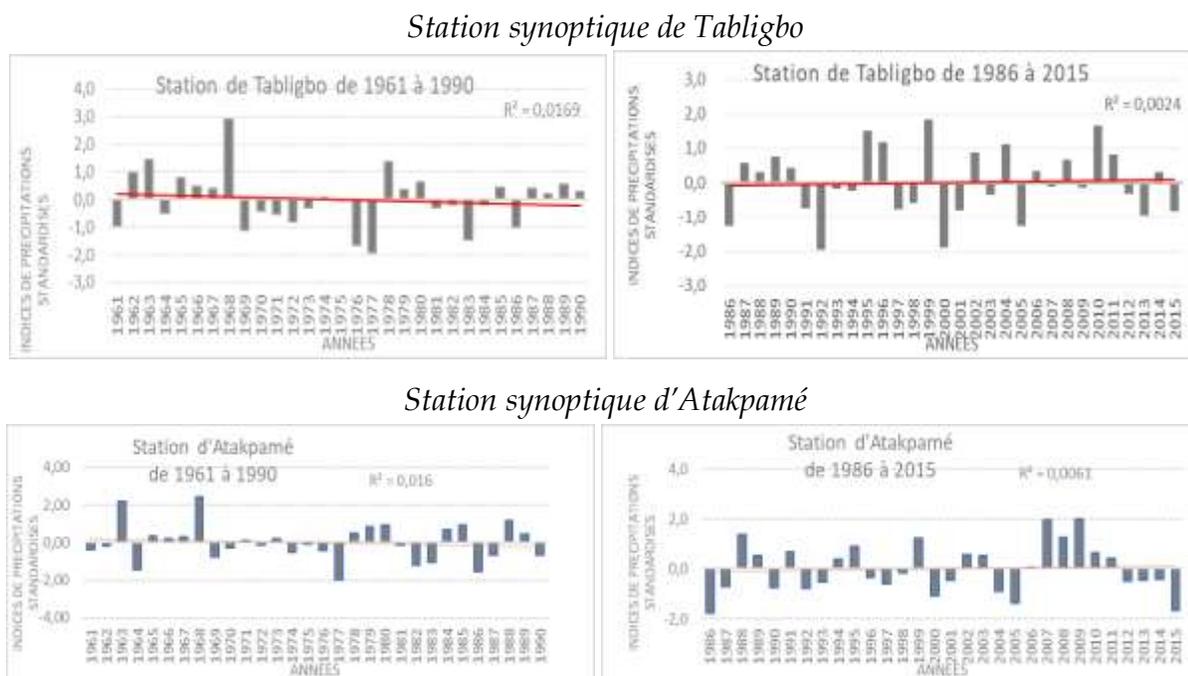
Source : A partir du SRTM 30 m, images Sentinel 2A, janvier 2020, revue documentaire et Terrain

### 3.4. Conditions climato-hydrologiques majeurs du bassin versant du fleuve Mono

La pluviométrie, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et les débits sont les paramètres déterminants à prendre en compte. Pour ce faire l'analyse de la variation interannuelle des pluies au sein de la série temporelle chronique pour l'étude, à travers le calcul de l'indice<sup>10</sup> standardisé des précipitations (SPI) a permis de mieux statuer sur les années excédentaires et déficitaires. Elle standardise les données à l'aide d'une transformation centrée réduite qui consiste à centrer les données pluviométriques  $X_i$  par rapport à la moyenne  $X_m$ , et réduire par rapport à l'écart-type à partir de l'expression mathématique ci-après :  $SPI = (X_i - X_m) / \sigma$

L'interprétation graphique des variations interannuelles des pluies se présente comme suit pour les stations synoptiques de Tabligbo et de d'Atakpamé (Figure n°4).

**Figure n°4 : Variation interannuelle des pluies dans la basse vallée du Mono**



Source : A partir des données de la DGMN.

Le constat premier de l'analyse des données montre que les années qui pourraient être caractérisées par les hautes eaux dans le bassin en aval du barrage de Nangbéto sont 1963, 1968, 1999, 2007, 2009, 2010 et pour les deux stations réunies l'année 1968. Les années modérément humides susceptibles d'engendrer des hautes eaux dans le bassin sont 1963, 1978, 1996, 2004, 1988, 1999, 2008. De ces résultats obtenus il ne se dégage pas véritablement de façon cyclique la survenue des inondations liées aux saisons

<sup>10</sup>En anglais : Standardized Precipitation Index (SPI) de McKee et al. (1993)

caractérisées par de hautes eaux. Ce qui veut signifier que d'autres facteurs majeurs entrent en jeu pour justifier la vulnérabilité des communautés riveraines.

### 3.5. Régime hydrologique naturel et artificiel du Mono

Selon la centrale hydroélectrique l'abondance des pluies se situe entre juin et octobre avec le pic en août ou octobre avec un phénomène d'évapotranspiration très élevé dans (Figure n°5 et Figure n°6).

Figure n°5 : Bilan hydrologique naturel

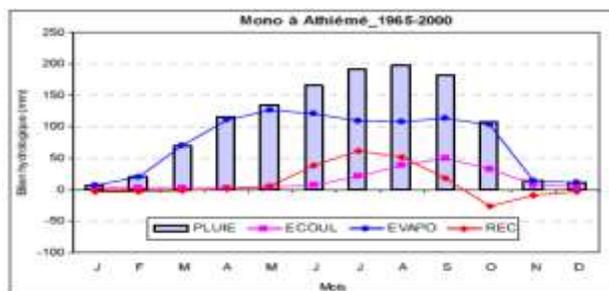
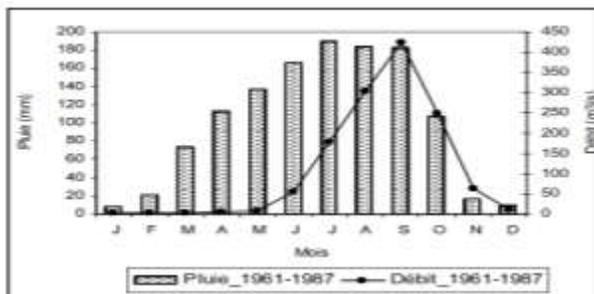


Figure n°6 : Ecrêtage des débits de crue

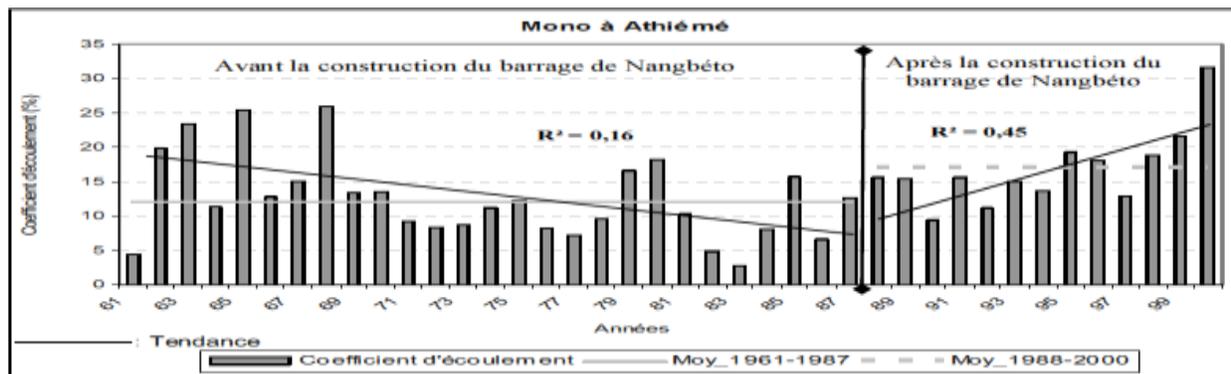


Source : CEB, Colloque 2017, Athiémé, Bénin.

La construction du barrage de Nangbéto a induit un bouleversement du régime du Mono, avec un écoulement devenu permanent et un écrêtage relatif des débits de crue. Le réservoir du barrage, vide à l'arrivée de la crue, il se remplit pour empêcher l'eau de poursuivre sa course. Le volume stocké est restitué au cours d'eau après le passage de la crue. Avant l'installation du barrage de 1961-1987, le coefficient moyen d'écoulement dans le bassin à Athiémé était de 12 %. Après la mise en eau du barrage, de 1988-2000, il est passé de 14 à 17 %<sup>11</sup> (Figure n°7).

<sup>11</sup>Ces valeurs reflètent l'influence des facteurs du milieu, notamment la variation des lames d'eau précipitée, de l'augmentation de l'ETP, de l'évolution de l'occupation du sol etc

Figure n°7 : Evolution du coefficient d'écoulement du Mono avant et après barrage



Source : CEB, Colloque 2017, Athiémé, Bénin.

Il se dégage de l'analyse et de l'interprétation du traitement des données liées aux régimes pluviométriques et hydrologiques du bassin du Mono faites par la CEB ci-dessus exposées que les hauts débits succèdent à l'augmentation des précipitations.

De cette étude, on retient que le réseau hydrographique du Mono d'ordre 3 est un indicateur que la quasi-totalité des eaux du bassin en amont est drainée vers le réservoir. Durant la période de pics ce dernier de cote 144 m.s.m. et de régime hydrologique pluie-débit est rempli à une fréquence presque inconnue par des apports importants entrants du Mono et ses deux principaux affluents Anié<sup>12</sup> et Ogou. Ce qui suppose que la pluviométrie excédentaire, en fonction de la capacité de retention du réservoir, comme le soutient la CEB, influencerait le régime hydrologique du Mono en aval du barrage. Les trop pleins du réservoir amènent les responsables du barrage à procéder aux déversements par des lâchers de débits nominaux à des débits de crues (240 à 1400 m<sup>3</sup>/s) susceptibles de causer des dégâts aux populations riveraines vulnérables en aval. Dès lors, il se pose la question de la fréquence de remplissage du réservoir et la durée des déversements en périodes de hautes eaux.

L'analyse des courbes d'évolution des débits entrants et sortants du barrage hydroélectrique apportent un début de réponses à cette préoccupation. Le remplissage s'effectue progressivement de juin à octobre et atteint son pic en septembre avec des débits allant de 400 à 1400 m<sup>3</sup>/s (débits de crues) de façon constante durant près de deux semaines. Les déversements liés aux trop pleins sont déclenchés quelques heures à un (01) jour après et durent deux semaines environ. En d'autres termes la Centrale hydroélectrique au regard de sa capacité de stockage et pour préserver ses installations déverse automatiquement le surplus d'eau non gérable qu'elle qualifie d'inutile. Partant,

<sup>12</sup> Alimenté par le barrage hydroagricole de la sucrerie d'Anié d'une capacité de 1 500 000 000 m<sup>3</sup>

on peut admettre qu'il y a une incertitude autour du rôle d'écrêtage du barrage, devant épargner les riverains des crues, qui n'est pas totalement assuré en périodes critiques d'apports importants. Vraisemblablement c'est de l'incertitude dont fait allusion Sena Pricette Dovonou-Vinagbe (2017, p.54) dans la définition de vulnérabilité.

### ***3.6 Occupation du sol et densité de population en aval du barrage de Nangbéto***

Les habitations, situées à proximité du Mono, sont plus groupées (Carte n°5) de part et d'autre d'une route principale dont sont reliées pistes et ruelles qui débouchent dans les champs de cultures, pâturages, prairies, marchés, centres de santé, etc.

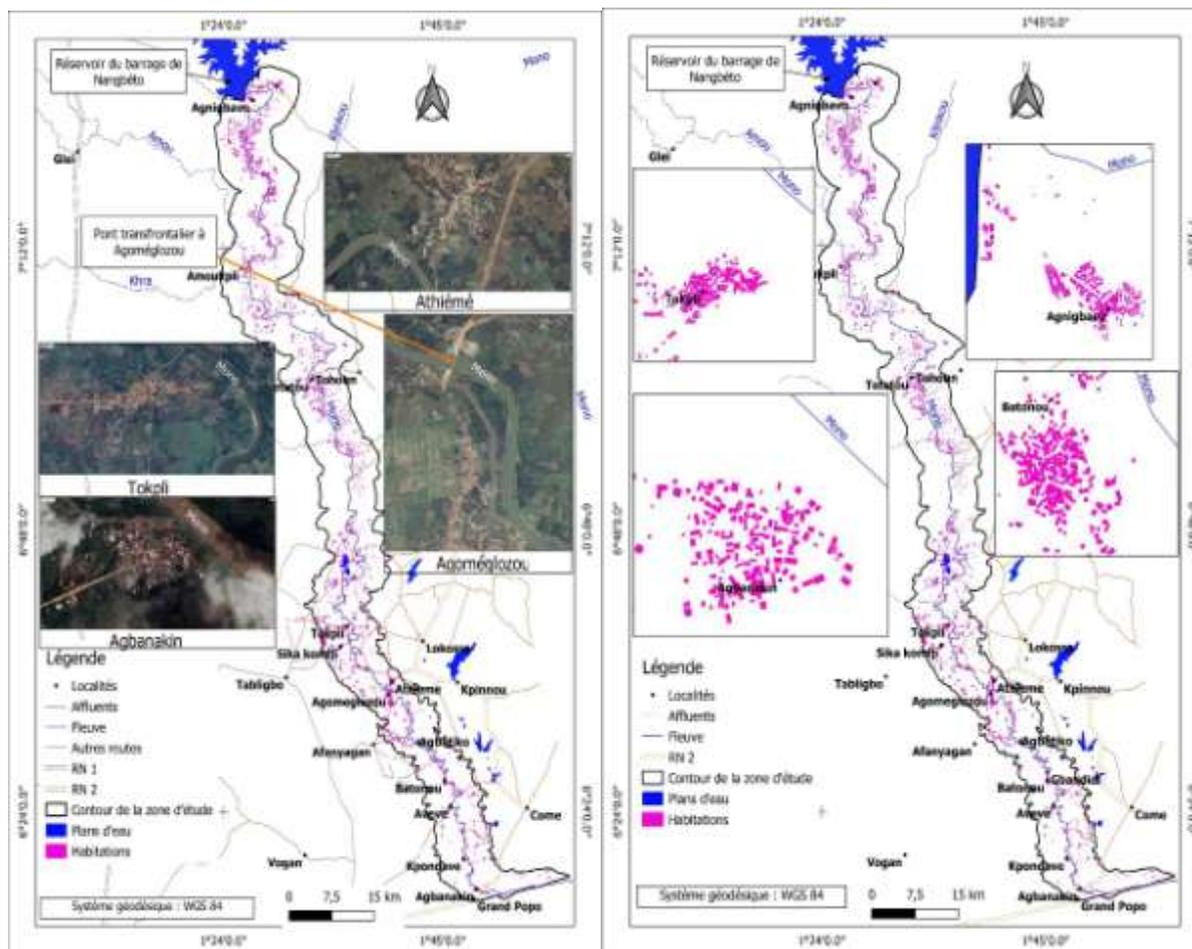
Tenant compte des données démographiques de référence des recensements en 2010<sup>13</sup> et 2013<sup>14</sup> notamment les taux de croissance moyenne de 2,84 et 2,77% en 2018 respectivement au Togo et au Bénin, le bassin versant du Mono en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto a abrité approximativement une population de 2 186 233 habitants dont 8 19 405 au Togo et 1 366 828 au Bénin ; représentant respectivement 37,48% et 62,52% de l'effectif total. Cette population est plus concentrée dans les zones rurales constituées de villages, fermes et hameaux. Au Togo, en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto, la densité de population varie de moins de 120 à plus de 350 hbts/km<sup>2</sup>; les terres les moins peuplées de densité variant de 120 à moins 240 hbts/km<sup>2</sup> sont celles des préfectures de l'Ogou, du Haho, du Moyen-Mono et de Yoto où s'étend la plaine du Mono. Les terres les plus peuplées de densité variant de 240 à plus 350 hbts/km<sup>2</sup> sont celles des préfectures du Bas-Mono et des Lacs.

---

<sup>13</sup>Direction Générale de la Statistique et de la Comptabilité Nationale (DGSCN), (4<sup>ème</sup> RGPH), novembre 2010, Togo

<sup>14</sup>Institut National des Statistiques et d'Analyse Economique (INSAE)

**Carte n°5 : Occupation du sol (agglomérations et infrastructures routières)**



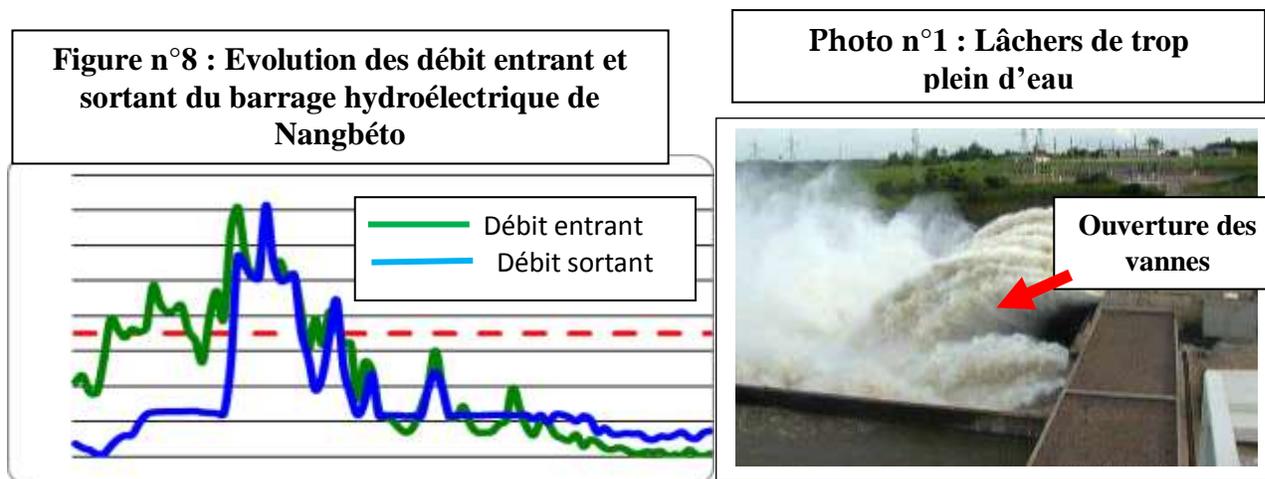
Source : SRTM 20 m, Openstreet Map, road Map, 2020, Terrain et revue documentaire

Au Bénin, elle varie de moins de 290 à plus de 620 hbts/km<sup>2</sup> ; les terres les moins peuplées de densité de moins de 290 hbts/km<sup>2</sup> sont celles des communes d’Aplahoué, d’Athiémè et de Grand-Popo où s’étend la plaine du Mono. Les terres les plus peuplées de densité variant de plus 290 à plus 620 hbts/km<sup>2</sup> sont celles des communes de Djakotomey, de Dogbo et Toviklin qui bat le record avec plus 620 hbts/km<sup>2</sup>.

**3.7. Vulnérabilité des communautés riveraines aux inondations du fleuve Mono**

Il existe un lien étroit entre les conditions bioclimatique, environnementale et sociale et les paramètres de référence caractérisant les composantes de la vulnérabilité qui sont l’exposition, la sensibilité, l’impact potentiel et la capacité d’adaptation. Les mois d’août, septembre et octobre constituent la période des grands débits apports du barrage. Les pics des débits enregistrés en ces périodes peuvent passer de 400 à 1400 m<sup>3</sup>/s pendant près de deux semaines (Figure n°8 et photo n°1). Le risque d’inondation est autant élevé

lorsque les lâchers du barrage hydroélectrique coïncident avec la deuxième saison pluvieuse de la partie méridionale où les principaux affluents (Amoutchou, Khra, Gbaga, Klikou) contribuent à augmenter le débit du Mono.



Source : Centrale Hydroélectrique de Nangbéto, visite de terrain, 2018.

Le fleuve Mono d'ordre 3 est drainé par de faibles pentes caractérisées par la baisse de la vitesse d'écoulement et l'étalement des eaux vers l'embouchure. L'effet conjugué de faibles pentes, de l'envasement, de diminution de la granulométrie des alluvions et l'augmentation du stock des alluvions freine l'infiltration rapide avec pour conséquence l'accumulation des eaux. Les faibles pentes accroissent la densité de sinuosité du cours d'eau qui favorise l'extension du champ d'étalement des eaux causant des crues en direction des localités riveraines. Suite aux pluies diluviennes d'octobre 2010 au Togo, l'évaluation humanitaire rapide conjointe Gouvernement-Partenaires Techniques et Financiers, a dénombré 82767 sinistrés, 85 blessés et 21 décès, 3947 maisons inondées, 7320 maisons écroulées, 194 maisons décoiffées et 921 abandonnées ; la superficie des champs de cultures dévastés est de 7744,24 hectares. Les dégâts enregistrés étaient concentrés dans la basse vallée du Mono précisément à Tokpli (Photo n°1), à Agomè-Glozou et à Agbanakin respectivement des préfectures de Yoto, Bas-Mono et Lacs.

**Photo n°2 : Tokpli, fleuve Mono en crue, 2010**



Source : Direction de la Protection Civile, 2010.

L'ampleur des inondations s'aggrave avec la récurrence des pluies diluviennes (Planches n°2, n°3, n°4 et n°5).

**Photo n°3 : Piste détruite par les inondations**



Source : Akibodé N., 2018.

**Photo n°4 : Ecole inondée obligeant les élèves à se déplacer en pirogue à Azimè-Dossou au Togo**



Source : Akibodé N., 2018.

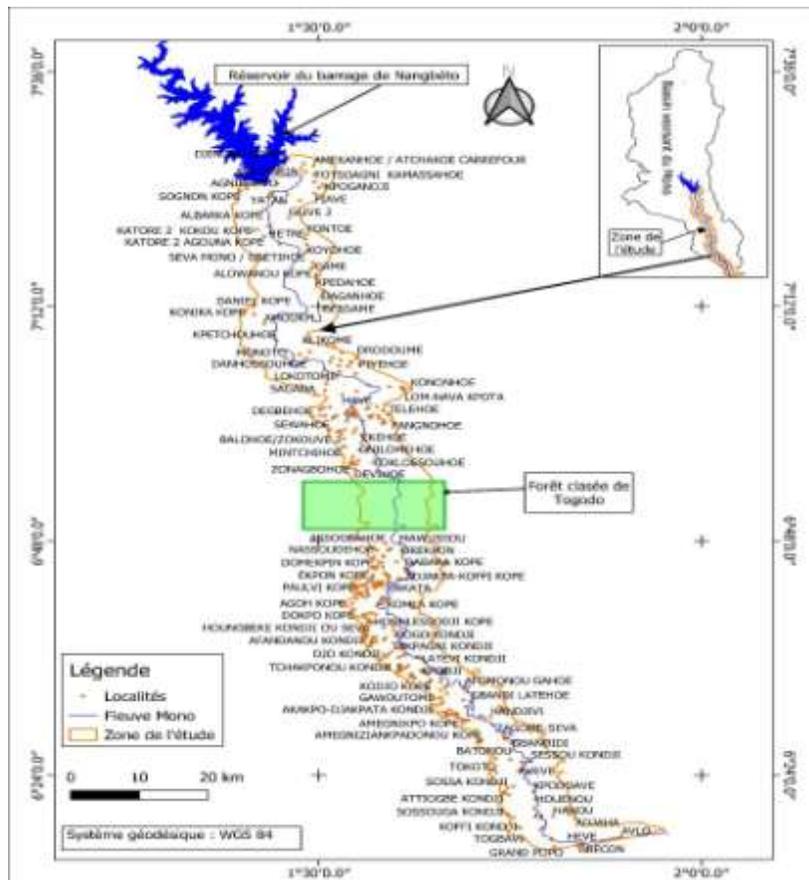
**Photo n°5 : Ecole inondée obligeant les élèves à se déplacer en pirogue à Athiémè au Bénin**



Source : Amouzouvi, 2016.

A l'issu de l'inventaire des caractéristiques physiographiques du Mono et de l'analyse des liens de vulnérabilité aux inondations la géolocalisation des localités (Carte n°6) exposées se présente comme suit.

**Carte n°6 : Géolocalisation des localités vulnérables aux inondations du Mono**



Source : SRTM 30 m, images Sentinel 2A, janvier 2020, revue documentaire et Terrain

Il s'agit des localités : Moukpli Kpétchouhoé, Agbanvikpli, Monoto, Danhossouhoé, Hoéchiloé, Kokou Anakpahoé, Komla Socohoé, Tonadéhoé, Tchégnonhoé et Batomé, Hadjémé, Klatomé, Woanwao Kondji, Togbodji-Awoulou Kondji, Agomè-Glozou, Dékamè, Afomonou-Gahoé, Afomonou-Dinhoé-Nahoé et Avégbo, Assogbala Kondji, Kpokou Kondji, Agnessou Kpota, Kpodji, Logodomè, Zomayi, Afalédji Kopé, Gladjoé, Goya Kopé, Gladjoégan Kopé, Kpati Zogbé Atikpatafo, Amegassi Kopé, Agbo Kopé, Eugène Kopé, Lakata, Midolio Kopé, Sodégadji Kopé, Togbé Kopé, Komla Kopé, Amavi Kopé, Sorogbé Kopé, Sokpo Kopé, Sonli Kopé, Kpadja Kopé, Djisso Kopé et Tokpli, Gbandi Latéhoé, Kpodjodo Kopé, Gapémè Kopé, Agbadessikou Kopé, Alouenou Gbaguidito, Amègnikpo Kopé, Sarakawa, Kémou Kopé, Agbétiko Kopé, Handjivi, Atta Kopé, Brada Kopé, Togblo, Agomè-Sèva, Govor, Akodessèwa, Alafia Kondji, Nyikpanou, Gbandidi, Houénou, Adamè, Yao Kondji, Adjaha, Hanou, Sossouga Kondji, Dégbé Kondji, Koffi Kondji, Anato Kondji, Tété Kondji, Akpomè, Togbavi, Agbanakin (Carte n°6).

### ***3.8. Mesures primaires de résilience***

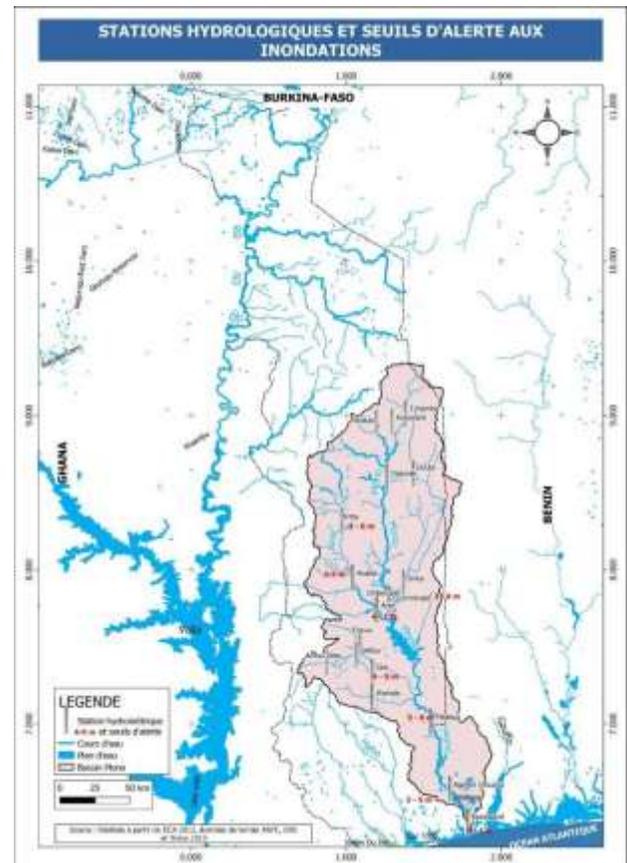
L'analyse du régime hydrologique du Mono par la Centrale hydroélectrique n'apporte véritablement pas de données ni d'information sur les seuils hydrologiques et niveau de risque d'inondation en aval du barrage. Pour ce faire, l'Agence Nationale de la Protection Civile dans le cadre de l'animation du système national d'alerte précoce, a conduit un travail de relever de données de terrain durant deux années (Akibodé, 2018-2019) lors des saisons pluvieuses en collaboration avec la Direction des Ressources en Eau (DRE). Ce travail qui devra être complété par la technique de tarage, a permis d'établir les seuils hydrologiques et niveau de risque d'inondation. Le géoréférencement des levés topographiques a permis d'établir la cartographie (Carte n°7) des seuils d'alerte à deux niveaux aux inondations du Mono en aval : un seuil d'alerte 1, une pré-alerte pour préparer les populations à attendre un seuil d'alerte 2 diffusé en temps réel. Le récapitulatif desdits seuils et niveaux d'inondation est dressé dans le Tableau n°10.

**Tableau n°10 : Seuils d’alerte aux inondations**

Cours d’eau rivière	Localités	Seuil pré-alerte (m)	Seuil alerte en temps réel (m)
		Niveaux d’inondation	
Anié	Blitta	4	6
	Akaba	3	5
	Anié	4	7
Ogou	Corrokopé	3	6
Amoutchou	Gléï	4	5
Fleuve Mono	Tététou	5	6
	Agomè-Glozou	3	5
	Athiémè		
	Kpondavé	3	4

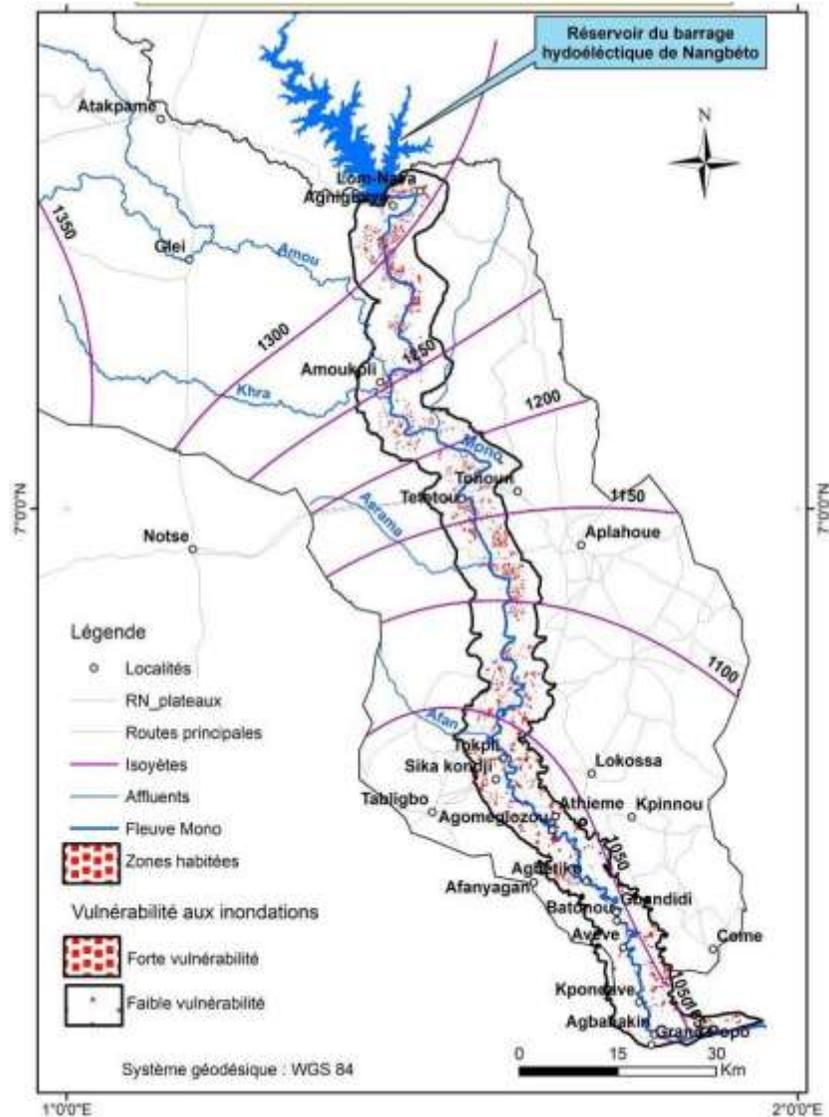
Source : Travaux de terrain, 2019

**Carte n°7 : Seuils d’alerte sur le Mono en aval du barrage Hydroélectrique de Nangbéto**



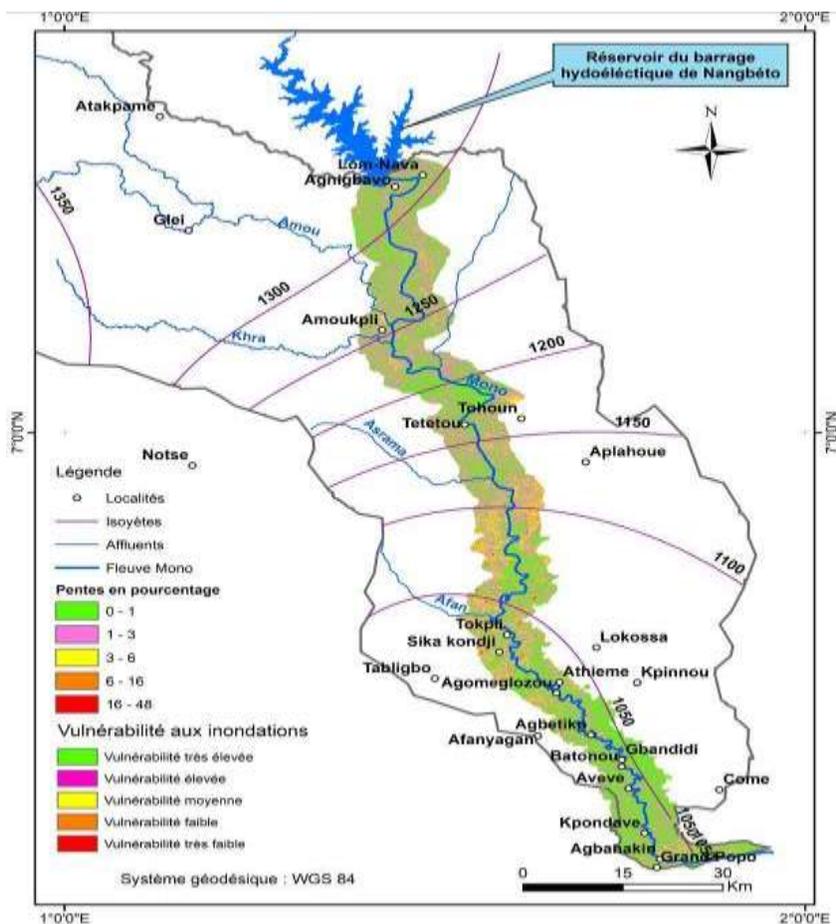
A l’issue de l’analyse des caractéristiques physiographiques et humains du bassin du Mono en aval du barrage, la cartographie embryonnaire de vulnérabilité liée à la pluviométrie, à l’hydrographie, à la localisation et à la topographie élaborée se présente comme suit (Carte n°8 et carte n°9).

Carte n°8 : Vulnérabilité liée à la pluviométrie, à l'hydrographie et à la localisation



Source : SRTM 30 m, images Sentinel 2A, janvier 2020, revue documentaire et Terrain.

**Carte n°9 : Vulnérabilité liée à la pluviométrie, à l'hydrographie et à la topographie**



Source : SRTM 30 m, images Sentinel 2A, janvier 2020, revue documentaire et Terrain.

**Conclusion**

L'analyse de la vulnérabilité ci-dessus développée en lien avec les facteurs hydroclimatiques, environnementaux et socioéconomiques montre que les communautés riveraines du fleuve Mono en aval du barrage hydroélectrique de Nangbéto sont très exposées aux inondations. Cela en fonction de leur position et localisation géographiques, de la pluviométrie, la densité de sinuosité du Mono, du cadre de vie entretenu par les populations résidentes dont les activités génératrices de revenu. La cartographie embryonnaire de vulnérabilité liée à la pluviométrie, à l'hydrographie prenant en compte le réservoir artificiel du barrage hydroélectrique de Nangbéto, à la localisation et à la topographie élaborée des localités riveraines contribuera à accroître la résilience des populations exposées.

## Références bibliographiques

AGO Ernest, 2005, *Analyse des risques d'inondation du barrage hydroélectrique de Nangbéto au Togo et au Bénin*, Travail de fin d'étude pour l'obtention du DES-IU, Orientation Climatorisque. Laboratoire de Géographie physique. Univ de Liège-Belgique. 63 p.

Aka Ferdin Kouamé, Ama Valérie Wognin, Désiré Sosthène Atto, Sylvain Monde, 2015, *Dynamisme et Maturité des Chenaux Fluviaux du Réseaux Hydrographique de Côte D'ivoire*, Université Félix Houphouët Boigny, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département de Géosciences Marines, Bioterre, Rev. Inter. Sci. de la Terre, Vol. 15, 2015, Editions Universitaires de Côte d'Ivoire, p.37

AKIBODE Nelson, 2000, *Contribution à l'étude hydrogéomorphologique de la basse vallée du Zio, mémoire de maîtrise*, Université de Lomé, Lomé, 118 p.

AKIBODE Nelson, 2007, *Silting of Togo inshore sedimentary basin rivers and protection measures: case of Zio river*, final paper, CIPSEM, Technische Universität Dresden (TUD), Dresden/Germany, 33 p.

AKIBODE Nelson, 2015, *Etat de référence du système de fonctionnement de trois bassins de rétention des eaux de ruissellement au nord-ouest de la ville de Lomé*, Master en Géomorphologie-Hydrosystème, Département de Géographie, Université de Lomé, Lomé, 2015, 103 p.

AMOUSSOU Ernest., 2010, *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest)*, Université de Bourgogne, Thèse de Doctorat, 315 p.

BLIVI Adoté Blim, 1993, *Géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du Golfe du Bénin (Afrique de l'ouest)*, Thèse de Doctorat, UFR de Géographie, Université de Bordeaux III, 458 p.

BOKO Michel, 1988, *Climat et communautés rurales au Bénin, rythmes climatiques et rythmes de développement*, Thèse de doctorat d'Etat, Dijon, Université de Bourgogne, 608 p.

BOKONON-GANTA Eustache Bonaventure, 1987, *Les climats de la région du Golfe du Bénin. (Afrique Occidentale)*, Thèse de doctorat du 3ème cycle. Paris IV, Sorbonne. 248 p + Annexes.

GNONGBO Tak, 1989, *Contribution à l'étude géomorphologique de la basse vallée du Sio*, Mémoire de maîtrise, géographie physique, Université du Bénin, Lomé, 124 p

HOUEDAKOR Koko, 1997, *La dynamique de l'environnement dans le Sud-Est du Togo : Essai de cartographie*, Mémoire de Maîtrise en Géographie Physique, Université du Bénin, Lomé, 100 p.

INSAE., 2006 : *Recensement Général de la Population et de l'Habitat*, Rapport Général, Ministère du Plan et du Développement, Bénin, 34 p.

JOHNSON Ampah, 1987, *Impact microclimatique du lac artificiel du barrage de Nangbéto*, Université du Bénin, Lomé, Mém, 116 p.

KLASSOU Komi Sélom, 1989, *Impact du climat sur l'évolution du régime hydrologique : cas du Zio et du Haho*, Mém, Université du Bénin, Lomé, 120 p.

KLASSOU Komi Sélom, 1996, *Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du bassin du fleuve Mono (Togo-Bénin)*, Thèse de Doctorat de l'Université de Michel de Montaigne-Bordeaux III, Option Géographie Physique, 1996, France, 471 p.

KOZOLINE Essosimna, 2019, *Variabilité et risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah au nord du Togo*, Mémoire de Master, Université d'Abomey-Calavi, 99 p.

LAÏBI R. A., GARDEL A., ANTHONY E. J., OYEDE L., 2012. *Apport des séries d'images LANDSAT dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'embouchure de l'estuaire des fleuves Mono et Couffo au Bénin, avant et après la construction du barrage de Nangbéto sur le Mono*, *Revue Télédétection*, 2012, vol. 10, n° 420 p.

Mc KEE Thaoma, DOESKEN Nolan, KLEIST John, 1993, *The relationship of drought frequency and duration to time scale*, Report of the eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim (California), 6 p.

MERF/PNUD, 2010, *Evaluation des besoins à la mise en place d'un système d'alerte précoce au Togo : rapport de diagnostic et recommandations*, 116 p.

MERF/PNUD/GEF, 2009, *Quatrième rapport national de la convention des Nations Unies sur la diversité biologique*, Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, Lomé, Togo, 90 p.

PDNA, 2011, *Inondation au Bénin. Rapport d'évaluation des besoins post catastrophe*, Rapport, 84 p.

PNUD, 1987, *Étude de l'impact du barrage de Nangbéto sur la basse vallée de l'estuaire du Mono*, Rapport d'étude de l'Université du Bénin et du Laboratoire Central d'hydraulique de France (Ministère du Plan et de l'Industrie). 81 p.

Sena Pricette Dovonou-Vinagbe, 2017, *Approche intégrée pour évaluer la vulnérabilité aux impacts des changements climatiques Cas du Bassin versant de l'Artibonite en Haïti*, Thèse en Sciences Géographiques, Université Laval, Québec, Canada, p.464

SCHUMM, Stanley, 1956, *Evolution of drainage system and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey*, Bull. Geol. Soc. Am. 67, p. 582-646.

VISSIN, Expédit, 2007, *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*, Thèse unique de doctorat, Université de Bourgogne, 285 p.

WILSON-BAHUN Kpotivi, 2015, *Dynamique d'un hydrosystème lagunaire côtier : le Lac Togo*, Mémoire de Master, Département de Géographie, Université de Lomé, 103 p.

### **Sites web**

[www.google.fr](http://www.google.fr)

<http://la.climatologie.free.fr/sommaire.htm>

<http://numerisud.ird.fr/dossiers-thematiques/manuel-de-cartographie-rapide/fiche-26extraire-les-altitudes>

<https://iga.ujf-grenoble.fr/presentation/cerosem/formation/formations-sig>