

Variabilité hydrométrique et leur relation avec la pluviométrie dans le département du Mono entre 1960 et 2019, Benin (Afrique de l'Ouest)

Bessan M.V.

Vissin E.W.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Ogou K.F.

Laboratory of Atmospheric Physics, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, University of Abomey-Calavi, Godomey, Benin

Ogouwale E.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p106](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p106)

Submitted: 31 August 2024

Accepted: 21 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Bessan M. V., Vissin E. W., Ogou K. F. & Ogouwale E. (2024). *Variabilité hydrométrique et leur relation avec la pluviométrie dans le département du Mono entre 1960 et 2019, Benin (Afrique de l'Ouest)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p106>

Résumé

La réduction des effets des inondations sur les activités socio-économiques amène le monde scientifique à chercher à comprendre leur survenance. Cet évènement est rencontré dans beaucoup de régions du Bénin, mais dégrées variés. Le département du Mono situé au Sud du pays (entre 6°15' et 7° N 45' de latitude d'une part, et entre 1°35' et 2°E13'), est l'une de ces régions qui subissent les affres de ces évènements extrêmes qui causent d'énormes dégâts dans différents secteurs. C'est fort de cela que cette étude a été entreprise enfin de mieux comprendre les caractéristiques des inondations dans ce département et réviser la relation entre les évènements extrêmes des variables étudiées. Les données journalières employées sont obtenues respectivement de la Météo-Benin et de la direction générale des ressources en eau sur la période de 1960 à 2019. Les méthodes communes telles que la régression linéaire, le coefficient de corrélation de Pearson, les

correspondances simultanées, les tests de rupture et méthode de la valeur extrême généralisée ont été appliqués. Les résultats ont montré que le barrage de Nangbeto n'est pas à l'origine des inondations dans le Mono mais plutôt elles seraient dues aux fortes pluies. Une tendance à l'augmentation des extrêmes est établie principalement dans le Mono. Une caractéristique décadaire de la variabilité des débits est évidente avec signal compris entre le début du décade 1970s et le milieu du décade 1990s. Une absence de rupture a été signalée par les tests de petits, Mann-Kendall et de Bayes. Les corrélations entre la précipitation et le débit sont positives avec des valeurs de 0,44 ; 0,41 et 0,51 respectivement pour les stations de Athieme, de Bopa et de Grand Popo.

Mots-clés: Précipitations maximales, hydrométrie, tendance décennale, Mono, barrage de Nangbeto

Assessment of hydrometric variability and rainfall relationships within the Mono department between 1960 and 2019, Benin (West Africa)

Bessan M.V.

Vissin E.W.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement
(LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Ogou K.F.

Laboratory of Atmospheric Physics, Department of Physics, Faculty of
Science and Technology, University of Abomey-Calavi, Godomey, Benin

Ogouwale E.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement
(LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Abstract

Floods are among the hazardous events whose occurrence continues to be sought by scientists worldwide to deepen their understanding to reduce their effects on various socio-economic activities. This event is encountered in many regions of Benin at varying levels. The Mono department is located in the South of Benin (between 6°15' – 7° N 45' of latitude and, 1°35' et 2°E13' of longitude), and is one of these parts of the area that suffers the stitches of these extreme events, which cause enormous damage to different sectors of the environment. It is on this basis that this study was undertaken to better understand the characteristics of floods in this department and revise the

relationship between the extreme events of the variables employed. The daily data used are obtained respectively from Météo-Benin and the General Directorate of Water Resources for the period from 1960 to 2019. Common methods such as linear regression, Pearson correlation coefficient, simultaneous correspondences, break tests, and generalized extreme value were applied. The results showed that the Nangbeto Dam is not the cause of the floods in the Mono but rather, they are due to heavy rainfall. An increasing trend of maximum precipitation is established mainly in the Mono zone. A decadal characteristic of the river flow variability is evident with an observed signal ranging from the beginning of the 1970s to the middle of the 1990s. An absence of rupture was reported by the Petits, Mann-Kendall, and Bayes tests. Positive correlations were found between precipitation and river flow with 0.41, 0.44, and 0.51 for Athieme, Bopa, and Grand-Popo.

Keywords: Maximum precipitation, hydrometry, decadal tendency, Mono, Nangbeto dam

Introduction

Le globe éprouve de bouleversements sur de nombreux plans dont l'un d'eux le plus palpable par la planète terre est l'environnement. Ainsi, les événements excessifs provoquent d'énormes préjudices tant au niveau mondial (Sun et al., 2021, Ouakhir et al., 2023), zone comme l'Afrique de l'Ouest (Kadomura, 2005 ; Vischel et al., 2018) et pays (Hounvou et al., 2023; Yabi & Afouda, 2012). Plusieurs régions du Bénin vivent les inondations presque chaque année. Parmi ces régions, on peut typiquement citer celles du Bassin du Mono et du Couffo, Bassin de l'Ouémé et ceux du fleuve Niger. Par exemple, la PDRRC-AC avait annoncé des dégâts d'inondations causés par la débâcle d'eau du barrage de Nangbeto (Agon, 2021). Plusieurs études ont tenté d'expliquer cette situation mais elle est encore moins claire. Les activités économiques de cette zone sont fortement dépendantes de la variation du temps et climats (Amoussou et al., 2020). Les catastrophes naturelles restent un défi aux scientifiques et aux organisations de prédictions, de gestion pendant et après leur occurrence. Elle peut avoir des origines internes comme externes. Les régions tropicales et en particulier celles du golfe de Guinée subissent les événements hydro climatiques extrêmes à l'instar des précipitations violentes, les inondations et les sécheresses et ont des conséquences néfastes sur vie humaine ainsi que sur les activités socio-économiques (Amoussou et al., 2014). Ces imprévus aléatoires sont souvent dus par le l'altération et ou la fluctuation climatique. Le déséquilibre climatique se s'explique par une oscillation spatiale et temporelle des paramètres essentiels particulièrement les précipitations et la température qui composent la menace pour le développement soutenable du Bénin (Oyede et

al., 2022). Une étude antécédente a présenté que l'impact socio-économique des extrêmes est remarquable (Ogouwale, 2015). Des examens ont essayé d'expliquer les événements extrêmes au Bénin (Ogou et al., 2016; Yabi & Afouda, 2012 ; Ennaji et al., 2024) avec une forte interdépendance entre les circulations de l'humidité et la température de la surface des océans (nord atlantique) contribuant ainsi à la variation du temps et climat (Ogou et al., 2016 ; Amraoui et al., 2024).

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'exploiter comment l'interaction entre la précipitation et le débit du fleuve Mono pourrait désenvelopper l'inondation dans une portion du département du Mono, plus spécifiquement le département du Mono. Cet objectif général est décliné en des objectifs spécifiques : 1) Caractériser les débits dans le département tout en examinant la probable période de rupture au niveau des fleuves Mono et Couffo ; 2) Comprendre si le barrage de Nangbeto contribue aux occurrences des inondations dans le département ; 3) Exploiter les correspondances entre les événements extrêmes de pluie et de débits

Afin d'atteindre cet objectif, les méthodes incluant la tendance et corrélation de Pearson ainsi que les analyses de variations simultanées sont utilisées. Notons que les données employées sont obtenues de l'Agence Nationale de la Météorologie et de la Direction Générale des ressources en eau. Le département du Mono est localisé au Sud-Ouest du Bénin entre 6°15' et 7° N 45' de latitude d'une part, et entre 1°35' et 2°E13' de longitude d'autre part (figure 1). Il est limité au Nord par les départements du Couffo, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Ouest par la république du Togo et à l'Est, par le département de l'Atlantique. Le département se retrouve globalement dans la région du golfe de Guinée et ses parties hautes et moyennes sont en grande partie sur le territoire togolais (Amoussou 2010). La zone d'étude couvre les communes de Lokossa, Athiémé, Grand-Popo, Houéyogbé, Comè et Bopa comme le montre la figure 1 ci-dessous.

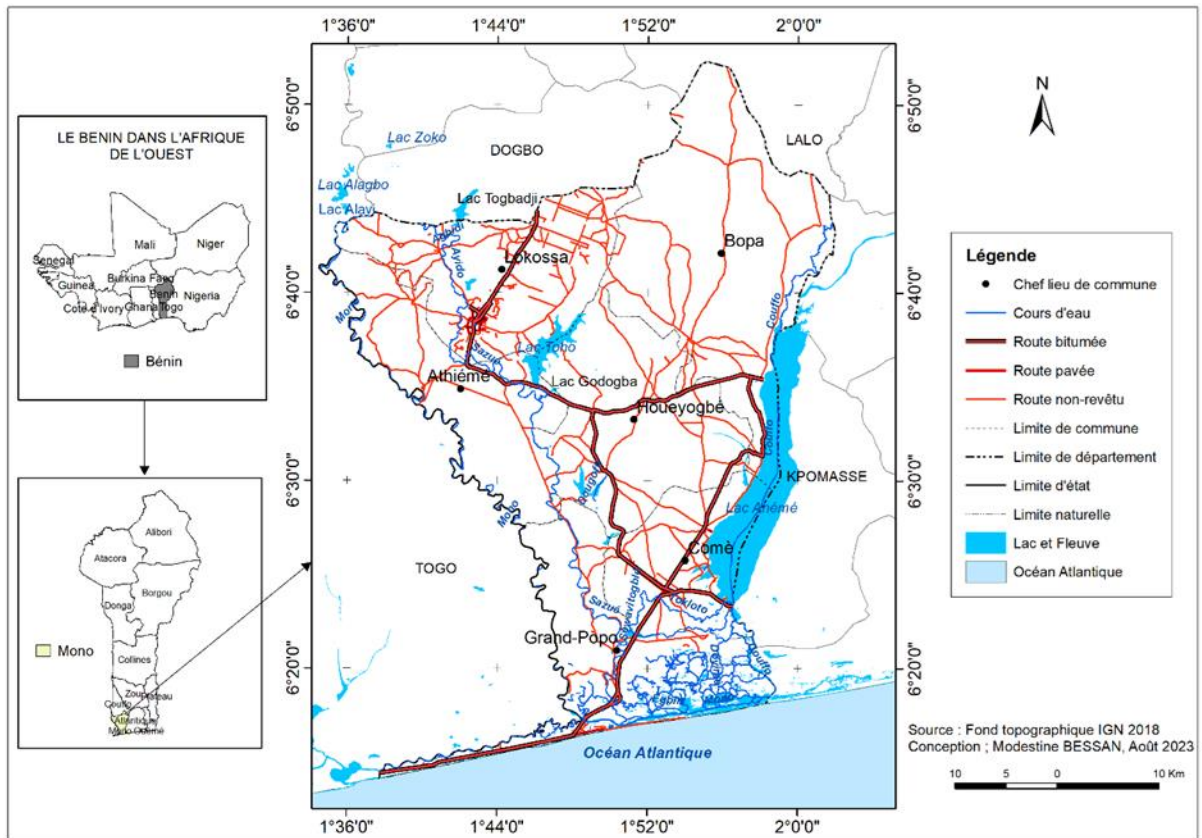


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

Données, Matériels et Méthodes

Données

Elles composent des données pluviométriques obtenues de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) situé à Cotonou et à Météo-Bénin. Des séries pluviométriques journalières de 1960 à 2022 provenant de dix (10) stations localisées dans le département du Mono et dans son environnement immédiat (Aplahoué, Athiémé, Bopa, Lonkly, Dogbo, Grand-Popo, Bohicon, Cotonou, Abomey et Ouidah) sont obtenues. Dans le but d'assurer une bonne couverture spatiale en termes de champ de pluie, des données de neuf (9) autres stations pluviométriques environnantes (Agouna, Allada, Lomé-Ville, Tchetti, Toffo, Atapkamè, Tabligbo, Lokossa et Niaouli) ont été complétées pour le remplissage des données manquantes avec les stations les plus proches. Au nombre des stations disponibles, seulement quelques-unes remplissent les conditions de données manquantes ayant une portion moins de 10% qui ont été retenues pour les analyses postérieures. Cette étude porte sur la pluviométrie des stations de Bopa, Grand-Popo et Athiémé, couvrant la

période de 1960 à 2022, ainsi que sur les débits mesurés entre 1960 et 2019. Ainsi, notre analyse se concentre sur la période commune aux deux ensembles de données.

Méthodologie de travail

L'indice centre réduit est une technique applicable à plusieurs variables dont le plus utilise est celui de la pluie. La formule suivante permet de calculer les indices centres réduits :

$$I_n = \frac{D_i - \underline{D}}{Std(D_I)} \tag{1}$$

Où I_n , D_i et \underline{D} représentent respectivement l'indice centre réduit du débit, valeur moyenne annuelle de débits et la moyenne sur toute la série étudiée. Std signifie standard déviation of the série. Les tendances linéaires sont évaluées en utilisant le model commun suivant :

$$Y_i = \alpha X_i + \beta \tag{2}$$

Où α et β désignent respectivement le coefficient de régression et la constante. Pour $\alpha < 0$ indique une tendance à la baisse alors que $\alpha > 0$ indique une tendance à la hausse de la droite de régression tandis que $\alpha = 0$ représente un état statique de celle-ci. Les tests de rupture ont été conduits avec le logiciel Khronostat version 1.01. Les graphiques sont réalisés avec Microsoft Excel.

Résultats

Variabilité interannuelle des débits du département du Mono

La figure 2 présente l'évolution interannuelle des débits à Athiémé (Mono) et à Lanta (Couffo). L'évolution du débit est en couleur bleue et la tendance correspondante à cette évolution est rouge.

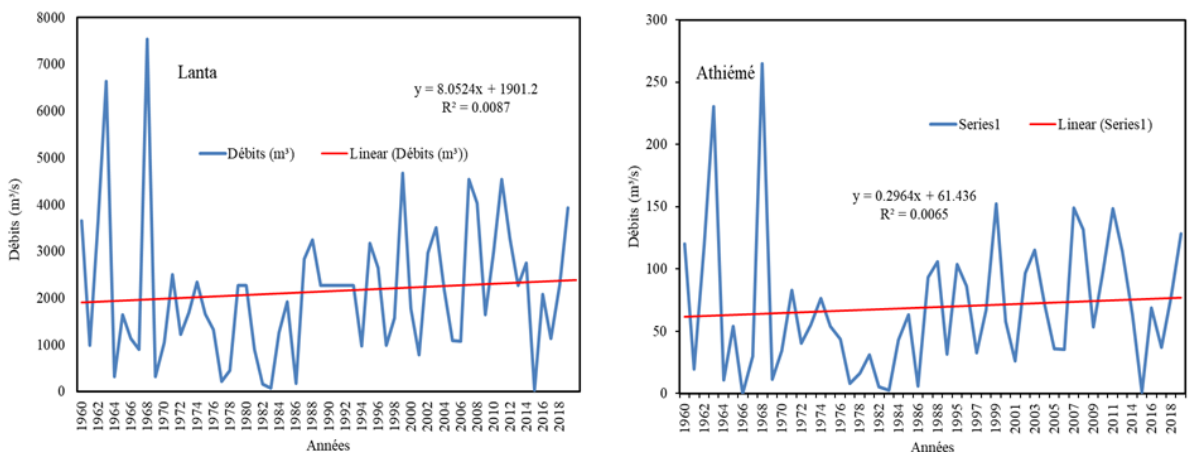


Figure 2 : Evolution des débits annuels du Mono (Lanta) Couffo (Athiémé) de 1960 à 2019.
 Sources des données : Direction générales des ressources en eau

Les débits enregistrés à Athiémé pour le Mono et à Lanta pour le Couffo sont très variables d'une année à une autre avec une pointe de $230 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1963 et $264 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1968 à Athiémé et deux maxima ($6632.32 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1963 et $7539 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1968) à Lanta (figure 2). Ces maxima annuels des débits sont conformes à ceux observés au niveau des données pluviométriques sur la même période dans le bassin. Mais, quelques spécificités sont observées au niveau des sous-bassins. Les débits enregistrés à Athiémé et Lanta présentent une légère tendance à la hausse, avec une faible valeur de coefficient de régression des débits. Pendant ce temps, la variation annuelle des débits observée à Athiémé apparaît plus moins importante à celle de Lanta qui est plutôt caractérisée par une faible tendance avec un coefficient égale à 0.08 (figure 2 ci-dessus). Or il a été noté plus haut que dans le bassin, les débits sont en majorité tributaires de la pluviométrie (Amoussou, 2010). Cette différence pourrait alors s'expliquer par la présence du barrage de Nangbéto ou être liée à la qualité des données de débits ou à d'autres facteurs (géologie, morphologie, pédologie, etc.). L'étude des indices hydrométriques a permis d'approfondir l'analyse de la variabilité des débits.

Tendance interannuelle des indices hydrométriques du Mono

La figure 3 illustre la variation des indices hydrométriques au niveau du Mono et du Couffo sur la période d'étude avec la moyenne mobile de 5 ans pour caractériser l'évolution de ces paramètres. Deux principales périodes peuvent être déduites de ces graphiques. Une phase décroissante entre les années 1960 et 1983. Pendant ce temps, une phase ascendante est observée au niveau des deux fleuves dans l'intervalle de temps est compris entre 1984 et 2019. Les années excédentaires sont respectivement 1963 et 1968 où les indices hydrométriques sont extrêmes. On note une évolution décadaire des débits avec un décade négatif compris entre 1973 et 1995 pour les deux stations hydrométriques. Par contre on note près que deux décades positifs suivants : 1964-1972 et de 1996-2016.

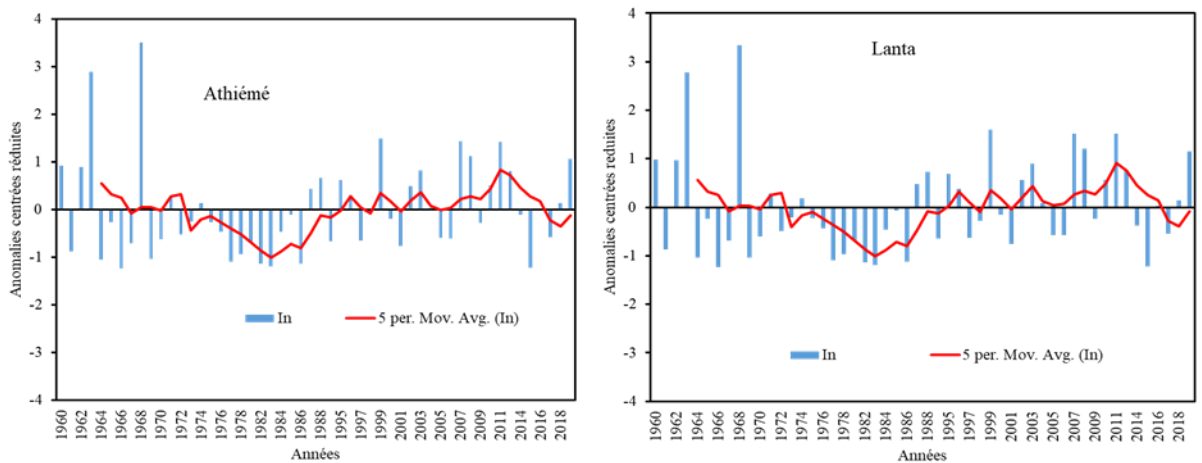


Figure 3 : Variation interannuelle des indices hydrométriques Athiémé (à gauche) and Lanta (à droite) du Mono (1960-2019). Sources des données : Direction générales des ressources en eau

Dans l'ensemble du bassin (Mono et Couffo), la période de 1969 à 1986 présente des indices négatifs, indiquant un déficit hydrologique, avec des valeurs à Athiémé similaires à celles de Lanta. Cette tendance reflète l'évolution des indices pluviométriques. En dehors de cette période, les autres décennies montrent des évolutions variées. Ainsi, du début des années 1970 jusqu'aux années 1990 dans le Mono, à Athiémé, il apparaît que la principale différence entre Athiémé et Lanta réside dans l'ampleur des indices. Les années les plus susceptibles de provoquer des inondations dans le département sont 1963, 1968, 1999, 2007, 2008, 2011 et 2019, pour les deux bassins. Certaines de ces années correspondent à des inondations dévastatrices (1963, 1999, 2000, 2003, 2010 et 2011), comme le révèlent les enquêtes de terrain et la documentation consultée. La variation interannuelle des débits au niveau du Mono est quasiment conforme à l'évolution interannuelle des précipitations ci-dessus analysées, seulement que cette conformité est un peu plus prononcée au niveau du Couffo (Lanta) qu'au niveau du Mono à Athiémé. Ce résultat confirme la règle selon laquelle la répartition des débits dans un bassin versant soumis à un régime unique suit les mêmes lois statistiques que celles des précipitations du bassin correspondant, comme l'a rapporté Koumassi (2014). L'évolution des débits est ainsi en accord avec celle des pluies, bien qu'une légère différenciation soit observée au niveau du Mono à Athiémé. Cette différence pourrait s'expliquer par la présence du barrage de Nangbéto ou par des facteurs morpho-pédologiques. Les travaux de plusieurs auteurs (Amoussou, 2010 ; Hervé, 2020 ; Vissin, 2007) corroborent également ces résultats. Après avoir étudié la variabilité interannuelle des débits,

l'homogénéité de la série hydrométrique de 1960 à 2019 a été analysée à l'aide du logiciel KhronoStat (Paturel, 1998).

Détection de ruptures au sein des séries hydrométriques du Mono

Les tests de Pettitt, la statistique U de (Buishand, 1984) et la méthode de segmentation de Hubert (Carbonnel & Hubert, 1985; Hubert & Carbonnel, 1993) ont été appliqués. La figure 4 suivante montre les résultats. Le test de Pettitt a détecté une rupture en 1986 à 90% au niveau de Athiémé et Lanta mais pendant ce temps, les autres différents tests n'ont détecté aucune rupture au niveau de Lanta et Athiémé. De plus, la procédure de (Lee & Heghinian, 1977) a répondu positive au test en détectant une rupture en 1963 au niveau de Athiémé et de Lanta. La normalité est vérifiée si les tests de Buishand et bayésienne sur Khronostat. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que les débits dans le bassin du Mono sont parfois tributaires de la pluviométrie. L'étude des corrélations pluie/débit a permis de vérifier cette hypothèse et d'étudier le degré de liaison qui existe entre ces deux paramètres.

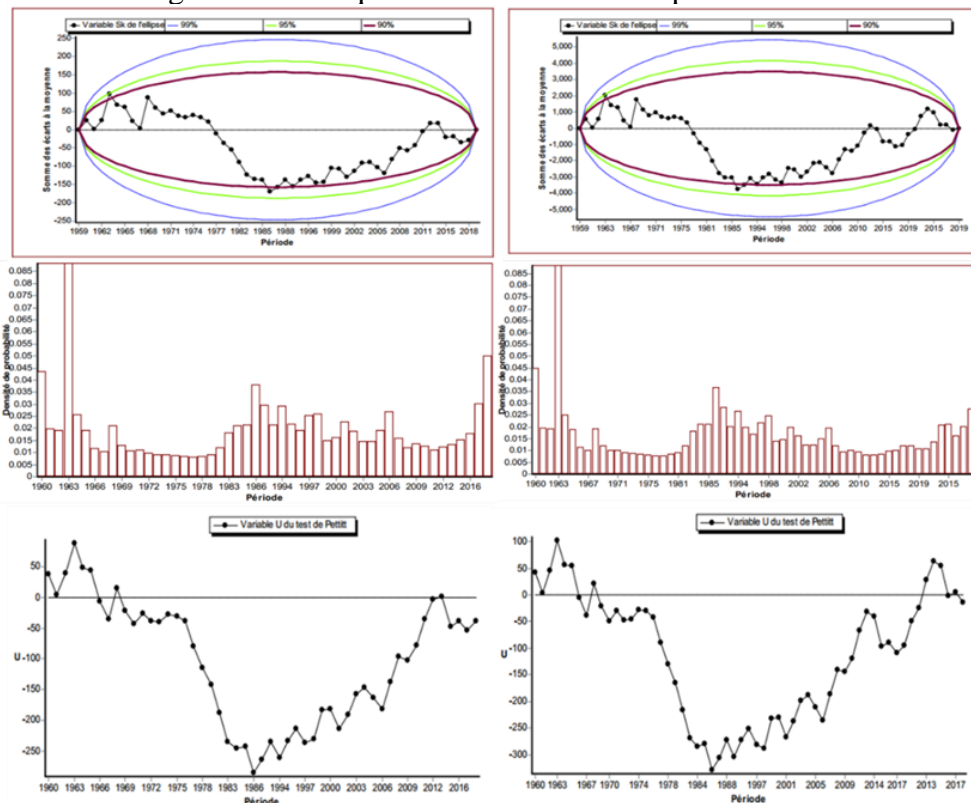


Figure 4 : Test de rupture à Athiémé (Mono) à gauche et Lanta (Couffo) à droite

Corrélation pluie/débit dans le Mono sur la période 1960-2019

La recherche de dépendance entre pluies et débits dans le bassin du Mono de 1960 à 2019 a révélé que la corrélation entre ces deux paramètres est importante ($r > 0,5$) au niveau du Mono tandis qu'elle avoisine 0,24 au niveau du Couffo. La figure 5 présente les résultats des recherches de corrélation.

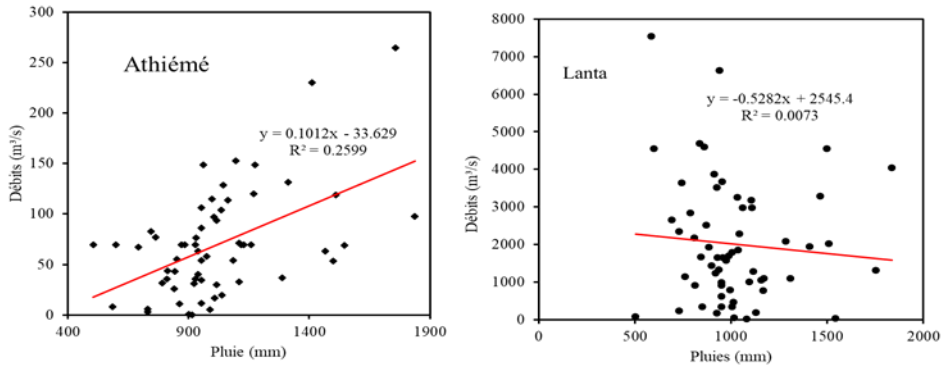


Figure 5 : Corrélations pluie-débit dans le bassin du Mono (gauche) et celles de pluie-débit dans le bassin du Lanta pour la période 1960 à 2019

Cette figure montre que $R^2 = 0,2599$; soit $r = 0,51$ pour Athiémé et $R^2 = 0,0073$ soit $r = 0,09$ pour Lanta. La corrélation est donc assez élevée au niveau des deux sous-bassins. De plus, on constate que l'écoulement du Mono à Athiémé commence dès lors que les pluies atteignent 500 mm de hauteur. Et la même observation est faite au niveau du Couffo à Lanta, où, l'écoulement débute avec une pluie de 500 mm de valeur. On note alors une légère différence au niveau des coefficients de corrélation ($r = 0,51$ pour Athiémé et $r = 0,08$ pour Lanta) et une similitude au niveau des temps de réponse de l'écoulement. Ces résultats peuvent s'expliquer par la différence des superficies des sous-bassins du Couffo et du Mono au Bénin, la présence du barrage de Nangbéto et la qualité des données.

Régression de pluie/débit avant et après la construction du barrage de Nangbéto

Le barrage de Nangbéto étant érigé sur le Mono, cette recherche de corrélation a été effectuée seulement au niveau du Mono à Athiémé. La figure 6 présente les résultats.

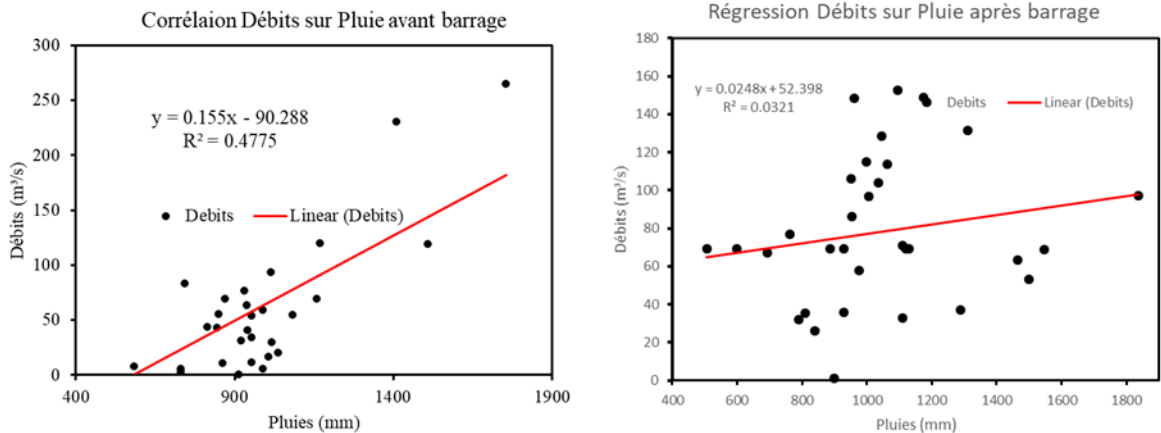


Figure 6: Régression pluie-débit avant (figure à gauche) et après (figure à droite) le barrage de Nangbéto de 1960-2019

La corrélation pluie - débit est très forte avant la construction du barrage de Nangbéto ($R^2 = 0,478$, soit $r = 0,69$) et très faible ($R^2 = 0,032$, soit $r = 0,18$) après celle-ci (figure 6). Ces derniers résultats sont en accord avec les travaux de (Amoussou, 2010) où, l'auteur signale également une très faible corrélation ($r = 0,18$) après la construction du barrage de Nangbéto (1988-2000) et une très forte ($r = 0,69$) avant celle-ci (1961-1987). La faible dépendance entre pluie et débit obtenue entre 1988-2019 sur Athiémé n'est donc pas véritablement liée au barrage de Nangbéto. Néanmoins, la variabilité interannuelle des écoulements a diminué pendant cette période (Amoussou, 2010) et (Klassou, 2014) rappelle que la variabilité de l'écoulement dépend aussi en partie des apports des affluents Amou et Kra (situés entre Nangbéto et Athiémé). Les fortes corrélations pluie/débit observées dans la plus grande partie du bassin sont significatives à 95% ; cependant, la dépendance pluies/débits de la partie aval (ou amont) décline (ou augmente) en cours des saisons et l'influence des lâchers d'eau sur le régime n'est pas négligeable comme l'indique la forte corrélation entre les variations du volume d'eau lâchée et le débit du Mono à Athiémé (Amoussou, 2010). Au total, la combinaison des facteurs géomorphologiques et topographiques, hydrogéologiques, pédologique, climatiques (régimes pluviométriques et hydrométriques, variabilités pluviométriques et hydrométriques, etc.) et la faiblesse du couvert végétal rend le bassin du Mono très vulnérables aux inondations qui se manifestent sous diverses formes d'un territoire à l'autre.

Tendance des événements hydrologiques extrêmes excédentaires

La tendance des extrêmes hydrologiques excédentaires repose sur l'analyse de la variation des débits maximaux annuels et des différents types de débits caractéristiques de crue des deux stations hydrométriques (Athiémé

et Lanta) du bassin du Mono. Bien que le débit maximum journalier annuel des deux bassins présente une augmentation, une différence notable apparaît dans le taux de variation linéaire, estimé à 0,78 m³/s pour Lanta contre 1,30 m³/s pour le Mono (Athiémé).

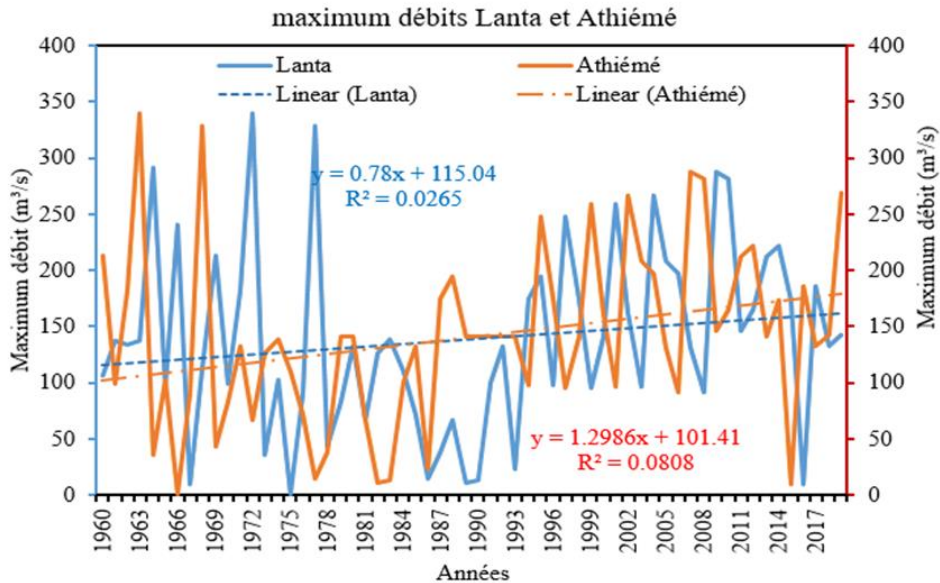


Figure 7 : Évolution des débits maximaux au niveau du Mono et Couffo pour la période de 1960 à 2019

Discussion

La caractérisation des données hydro-climatiques dans le département du Mono revêt d'une importance capitale pour comprendre les conditions d'occurrence des inondations en utilisant les variables hydrométriques et pluviométriques dans l'intervalle de 1960 à 2019. La faible corrélation obtenue après l'érection du barrage hydro-électrique s'expliquerait par les défaillances au niveau des données de l'année 2000 (Amoussou, 2010). Ceci prouve de la dépendance des crues à la forte pluie. Ce résultat est en accord avec les ceux de (Ogouwale et al., 2020) qui ont stipulé que les inondations de l'Ouémé sont dues aux fortes pluies dans la région. Les tendances des nombres de jours au niveau des stations de Athiémé et Bopa se caractérisent par une diminution tandis qu'à grand-Popo, il se caractérise par une augmentation du nombre de jour. (Nakou et al., 2022) analyse les situations de sécheresse et d'humidité en utilisant l'indice de précipitation standardise d'un cumul de 12 mois. Son résultat montre qu'il y a une tendance positive. Pendant ce temps, les résultats des tests de stationnarité dans la série hydrométrique sont conformes à ceux obtenus au niveau de la série pluviométrique ci-dessus et corroborent les résultats des travaux de plusieurs auteurs (Donou, 2015; Houndénou, 1999) qui n'ont observé aucune rupture nette dans les séries

pluviométriques et hydrométriques du Sud Bénin. Les résultats de la régression débits sur pluies sont différents de ceux obtenus par (Amoussou, 2010). En effet, les travaux de l'auteur ont révélé que $r = 0,71$ pour Lanta et $0,77$ pour Athiémé et que l'écoulement du Couffo à Lanta débute à 600 mm de pluies alors que sur le Mono à Athiémé, il faut attendre 800 mm de hauteur. Cette divergence pourrait s'expliquer par le fait que (Amoussou, 2010) avait travaillé sur des échelles spatiales (complexe Mono-Ahémé au Bénin et Togo) et temporelles (de 1961 à 2000) différentes, tandis que la présente étude s'est concentrée sur la portion béninoise du bassin du Mono sur la période 1960 à 2022. Afin de mieux comprendre la situation du Mono, une recherche de corrélation avant et après l'érection du barrage de Nangbéto a été réalisée. La figure 8 ci-dessous décrit la possible relation entre les crues c'est les maximaux des débits du Mono et les précipitations maximales. Il est évident qu'il y a une relation entre les hauteurs de pluie et les crues au niveau du fleuve du Mono en l'occurrence les précipitations au niveau des stations de Athiémé et Grand-Popo. Par contre cette relation n'est pas étroitement approuvée tout au long des séries. La hauteur de pluie maximale des années 1963 et 1968 correspondent au pic des précipitations totales des trois stations et même l'année 2010 au niveau des stations d'Athiémé et de Grand-Popo.

La corrélation entre les pluies maximales et les débits maximaux sont importants avec des valeurs qui varient entre 0,41 et 0,51 pour les stations de Athiémé et Grand-Popo. Les valeurs positives des corrélations indiquent qu'une augmentation de la pluie est associée à une augmentation du débit même si cela ne se produit lors d'une seule. L'accumulation des eaux pourrait ce fait. Ce résultat confirme celui des travaux de N'GNÉSSAN et al., (2013) qui avaient révélé une tendance synchrone pluie-débits dans la région Marahoué (Cote-d'Ivoire).

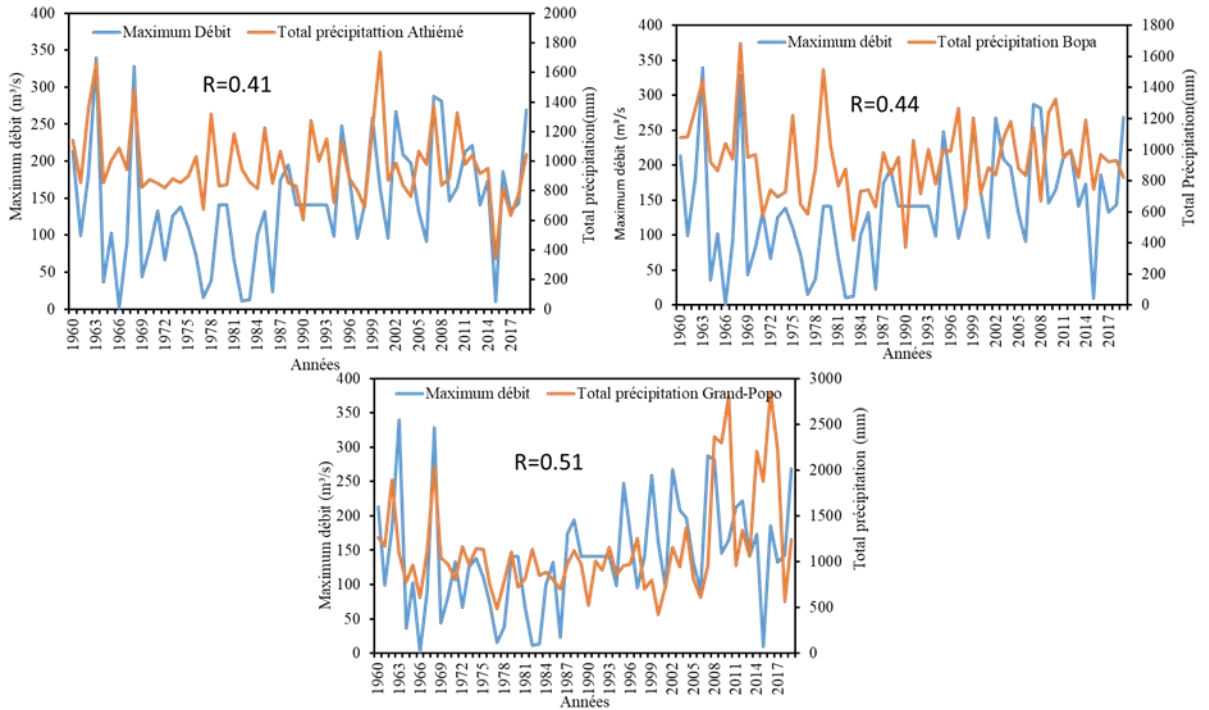


Figure 8: Analyse superposée de précipitation totale sur le débit maximum dans le Mono entre 1960 et 2019. R représente le coefficient de corrélation de Pearson

Conclusions

L'analyse de la variabilité hydro-climatique dans le département du Mono a été utilisée pour une compréhension de l'influence des pluies sur les occurrences des inondations après une caractérisation de ces variables. On peut tirer les conclusions suivantes : la caractéristique des débits au niveau du Mono a prouvé une variation interannuelle à décennale. Les tests de rupture ont montré une rupture dans les 1960s au niveau des deux stations (Athiémé et Lanta). Les pluies et débits maximums ont connu une légère augmentation sur la période d'étude dans le département. Les pluies sont généralement responsables des inondations mais si la débâcle de la lâchée d'eau pourrait causer cette situation. A cet égard, les dispositions doivent être prises réduire ces évènements. Les conclusions de ce travail sont utiles pour la gestion des ressources en eau dans la zone et par conséquent bénéfiques pour les activités agricoles. Elles permettent aussi de la préparation des populations pendant la période pluvieuse afin de réduire les effets du climat et des inondations.

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

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

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

References:

1. Agon, A. S. (2021). *Près de 70.000 personnes affectées par l'inondation du fleuve Mono à Athiémé et Grand-Popo Société.* PDRRC-AC. <https://www.les4verites.bj/pres-de-70-000-personnes-affectees-par-linondation-du-fleuve-mono-a-athieme-et-grand-popo/#:~:text=Les lâchées d'eau intervenues le début du mois,touchés sur les 61 que compte la commune.>
2. Amoussou, E. (2010). *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'ouest).* Université de Bourgogne.
3. Amoussou, E., Awoye, H., Vodounon, H. S. T., Obahoundje, S., Camberlin, P., Diedhiou, A., Kouadio, K., Mahé, G., Houndénou, C., & Boko, M. (2020). Climate and extreme rainfall events in the mono river basin (West Africa): Investigating future changes with regional climate models. *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030833>
4. Amoussou, E., Camberlin, P., H, T. V. S., Tramblay, Y., Houndénou, C., Mahé, G., Paturel, J., & Boko, M. (2014). *ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES DANS LE BASSIN VERSANT DU MONO (BÉNIN-TOGO) EN CONTEXTE DE VARIABILITÉ / CHANGEMENT CLIMATIQUE socioéconomique . La question de l ' évolution future de la fréquence ou de l ' intensité de ces particulièrement concer.* 343–349.
5. Amraoui, M., Bouabidi, L., El Amrani, M., Ouakhir, H., Dudic, B., Lukić, T., & Spalevic, V. (2024). Land use dynamics and soil conservation strategies in the El Kssiba Region, Atlas Mountains of Morocco. *Agriculture and Forestry*, 70(3), 7-27. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.3.01>
6. Buishand, T. A. (1984). Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *Hydrology*, 73, 51–69.
7. Carbonnel, J. P ., & Hubert, P. (1985). Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina-Faso (ex Haute-Volta). *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences, Paris, Série II*, 301(13), 941–944.
8. Donou, B. T. (2015). *Extrêmes hydro-climatiques dans le bassin inférieur du fleuve Ouémé : diagnostic, impact agricole et scénarios*

- de gestion*. Université d'Abomey-Calavi au Bénin.
9. Ennaji, N., Ouakhir, H., Abahrour, M., Spalevic, V., & Dudic, B. (2024). Impact of watershed management practices on vegetation, land use changes, and soil erosion in River Basins of the Atlas, Morocco. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(1), 13567-13567. <https://doi.org/10.15835/nbha52113567>
 10. Hervé, K. D. (2020). *Caractérisations hydro-pluviométriques des inondations dans le bassin versant de Couffo a Lanta Hydro-pluviometric characterizations of flooding from Couffo watershed to Lanta Abstract. 2*, 20–27.
 11. Houndénou, C. (1999). *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation* [Université de Bourgogne, Dijon]. <https://theses.fr/1999DIJOL033>
 12. Hounvou, S. F., Guedje, K. F., Kougbegbede, H., Adechinan, J., Houngninou, E., & Houeto, A. (2023). *Spatiotemporal Variability of Extreme Rainfall in Southern Benin in the Context of Global Warming. 2023*.
 13. Hubert, P., & Carbonnel, J. P. (1993). Segmentation des séries annuelles de débits de grands fleuves africains. *Bulletin de Liaison Du CIEH*, 92, 3–10.
 14. Kadomura, H. (2005). Climate anomalies and extreme events in Africa in 2003. *African Study Monographs*, 26(March), 165–181.
 15. Klassou, K. S. (2014). L'influence humaine dans l'origine et la gravité des inondations au {Togo}: cas de l'aménagement de l'espace dans la grande banlieue nord de {Lomé} ({Togle}-{Adetikope}). *Revue de Géographie Tropicale de l'environnement*, 3–15.
 16. Koumassi, H. (2014). Risques hydroclimatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota a l'exutoire de couberi. In *Environnement et Société*. Université d'Abomey Calavi.
 17. Lee, A. F. ., & Heghinian, S. M. (1977). A Shift of the Mean Level in a Séquence of Independent Normal 622 Random Variables: A Bayesian Approach. 503-506. *Technometrics*, 19(4), 503–506. <https://doi.org/doi: 623 10.1080/00401706.1977.10489592>.
 18. Ouakhir, H., Ennaji, N., Spalevic, V., Gomih, M., Ghadbane, O., Chakir, M., & El Ghachi, M. (2023). Changes in river bank morphology in a small meander of El Abid river, Atlas Mountains, Morocco. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 69(3), 199-209.
 19. N'GNESSAN, B. V. H., SALEY, M. B., OGA, Y. M. S., YAPI, A. F., KOUADIO Boyossoro, H., BIEMI, J., & KOUADIO, A. (2013). Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans la région de la Marahoué (Centre- ouest de la Côte d ' Ivoire). *International Journal of Engineering Science Invention*, 105–115.

20. Nakou, R. T., Codo, F. D. P., & Worou, N. C. (2022). *Caractérisation des événements pluviométriques extrêmes dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin Résumé Abstract*. 21(5), 177–192.
21. Ogou, F. K., Kpaikpai, B., Ogwang, B. A., Sein, Z. M. M., Ongoma, V., & Ngarukiyimana, J. P. (2016). Investigation of the influence of atlantic ocean on rainfall Variability over benin republic, west africa. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*, 9(1), 70 – 79. <https://doi.org/doi: http://dx.doi.org/10.4314/ejesm.v9i1.7>
22. OGOUWALE, E. (2015). Incidences des extremes pluviometriques au Benin Impact of extreme rainfall in Benin. *Journal de La Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 17(2), 193–210.
23. Ogouwale, R. ;, Koudamiloro, O. ;, Akakpo, E. ;, Vissin, E. W., & Dipama, J.-M. (2020). STRATÉGIES D'ADAPTATION PAYSANNE AUX RISQUES HYDROCLIMATIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE OUÉMÉ À BÉTÉROU AU BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST. *Revue Ivoirienne Des Sciences et Technologie - REVIST*, 35, 384–404.
24. Oyede, M. I., Hounzime, S., Agbokou, I., Alhassane, A., & Yabi, I. (2022). Caractéristiques Spatio – temporales de la Variabilité Climatique au Benin (Afrique de L'ouest). *European Scientific Journal*, ESJ, 18(30), 240. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240>
25. Paturel, J. E. (1998). *KHRONOSTAT*. IRD. <http://www.hydrosciences.org/index.php/2020/09/04/khronostat/>
26. Sun, Q., Zhang, X., Zwiers, F., Westra, S., & Alexander, L. V. (2021). A global, continental, and regional analysis of changes in extreme precipitation. *Journal of Climate*, 34(1), 243–258. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0892.1>
27. Vischel, T., Panthou, G., Peyrillé, P., Roehrig, R., Quantin, G., Lebel, T., Wilcox, C., Beucher, F., & Budiarti, M. (2018). Precipitation Extremes in the West African Sahel: Recent evolution and physical mechanisms. In *Tropical Extremes: Natural Variability and Trends* (pp. 95–138). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809248-4.00004-2>
28. Vissin, E. W. (2007). *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Université de Bourgogne, France.
29. Yabi, I., & Afouda, F. (2012). Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 262, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.12.010>