

ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES SÈCHERESSES ET HUMIDITÉS DANS LA PORTION BÉNINOISE DU BASSIN DU FLEUVE MONO, BASSE VALLÉE

**Raudace Tagnon NAKOU^{1,2,7*}, Noel Chabi WOROU³,
Taofic BACHAROU², François de Paule CODO²,
Luc Ollivier SINTONDI⁴, Abdoukarim ALASSANE⁵
et Nicaise YALO⁶**

¹ *Université d'Abomey-Calavi, Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur (ED-SDI), 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

² *Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau (INE), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

³ *Ecole Supérieure de Génie Civil Véréchaguine, Laboratoire des Matériaux et Structures (LAMS), 02 BP0244 Cotonou, Bénin*

⁴ *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

⁵ *Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau (INE), Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

⁶ *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Technique, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, 01 BP 526 Cotonou, Bénin*

⁷ *Lycée Technique Coulibaly, Laboratoire Eau et Assainissement (LEA), 01 BP 370 Cotonou, Bénin*

(reçu le 12 Novembre 2022; accepté le 25 Décembre 2022)

* Correspondance, e-mail : nraudace@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cette étude qui s'appuie sur le calcul de l'indice SPI (Standardized Precipitation Index) à l'échelle 12 mois s'est basée sur les données journalières de 50 années (1970 à 2020) de 8 stations pluviométriques installées autour et dans le bassin. Les indices SPI calculés montrent une forte variabilité à l'échelle des stations avec une tendance à la hausse sur l'ensemble du bassin. Au cours de la période d'étude, le bassin a connu une étendue d'occurrence d'apparition d'humidité sévère, extrême et modérée beaucoup plus élevée au Nord qui confirme la forte persistance de la pluviométrie dans ses localités. Par compte, leur intensité est beaucoup plus ressentie au centre. Quant aux sécheresses, l'indice SPI calculé pour 12 mois dévoile un risque de sécheresse extrêmes et sévères élevé au centre du bassin et au nord-ouest. Les

conditions proches de la normale et modérées pour leur part, présentent plus de risque d'apparition au nord et au sud du bassin. Cet article permet de rendre compte de l'extrême variabilité des sécheresses et d'humidités dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin et montrent par la même occasion, le caractère sévère et extrême des événements climatiques observés dans cette région.

Mots-clés : *indice, tendance, bassin, humidité, sécheresse.*

ABSTRACT

Spatio-temporal analysis of droughts and humidity in the Benin portion of the Mono, low Valley

This study, which is based on the calculation of the SPI index (Standardized Precipitation Index) on a 12 – month scale, was based on daily data for 50 years (1970 to 2020) from 8 rainfall stations in stalled around and in the bowl. The calculated SPI indices show a high variability at the station scale with an upward trend over the entire basin. During the study period, the basin experienced a range of occurrence of occurrence of severe, extreme and moderate humidity much higher in the North which confirms the strong persistence of rainfall in its localities. By account, their intensity is much more felt in the center. As for droughts, the SPI index calculated for 12months reveals a high risk of extreme and severe droughts in the center of the basin and in the north west. Conditions close to normal and moderate, for their part, present a greater risk of occurrence in the north and south of the basin. This article makes it possible to report on the extreme variability of droughts and humidity in the lower valley of the Mono River in Benin and at the same time shows the severe and extreme nature of the climatic events observed in this region.

Keywords : *index, trend, basin, humidity, drought.*

I - INTRODUCTION

Le Groupe Intergouvernemental des Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) dans ses rapports [1, 2], prévoit la modification des régimes de précipitations et des températures avec une tendance significative à la hausse de l'occurrence des événements extrêmes. Parmi les récentes catastrophes naturelles figurent les cyclones dévastateurs Idai et Kenneth, les infestations acridiennes en cours en Afrique orientale et les épisodes de sécheresse en Afrique australe et orientale qui menacent l'existence de millions de personnes, la désertification du Sahel, qui est à l'origine de conflits et de migrations massive [3]. L'Afrique subsaharienne ou se situe le Bénin, étant la région du monde la plus vulnérable

aux changements climatiques [4], l'on note la hausse des températures, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des anomalies pluviométriques et des catastrophes naturelles en fréquence et en intensité qui modifient profondément la géographie de la région [4]. A la suite de plusieurs mauvaises saisons des pluies consécutives, cette région connaît actuellement sa pire sécheresse depuis 40 ans [5], causant une crise alimentaire qui a atteint des niveaux catastrophiques avec des millions de personnes confrontées à une insécurité alimentaire aigue atteignant des niveaux d'urgence et de catastrophe, y compris la famine généralisée [5]. Par ailleurs, certains pays de cette région (région de golfe de Guinée) subissent des événements hydroclimatiques extrêmes tels que les précipitations violentes, les inondations qui frappent durement les populations [6]. Chaque année, les populations de ces régions font face à des pluies torrentielles qui aboutissent souvent à des inondations qui à leur tour entraînent des morts. L'inondation de 2012 au Nigeria est la pire de son histoire depuis 50 ans [7]. Elle a causé 363 morts au Nigeria, 65 morts au Niger et des décès ont été enregistrés au Sénégal, au Togo, au Burkina Faso [7]. La portion Béninoise du bassin du fleuve Mono (basse vallée) (*Figure 1*) qui jouit d'un climat subéquatorial est caractérisée de nos jours par une succession de sécheresses et d'inondations dues aux précipitations intenses de courte durée [6]. Déjà entre 1961 à 2000, des années déficitaires et très déficitaires avaient déjà été enregistrées sur ce bassin [8] et après les années 2000, le phénomène semble s'accroître.

En effet, ce dernier a subi des assèchements répétitifs et d'une rare ampleur en 2006, 2007 et 2008 [9] qui ont empêché la culture de contre saison sur le périmètre rizicole de Dédé. Par ailleurs, Il est remarqué aujourd'hui que certains ouvrages de captage des eaux souterraines de l'aquifère le plus captif (Crétacé supérieur) [10] du bassin autrefois permanent, présentent un régime temporaire. L'accroissement de la population intensifie encore les pressions anthropiques sur des ressources en eaux souterraines déjà fragilisées [11]. Le réchauffement du bassin ces dernières années [12] le prédispose aux risques humanitaires, sociaux et macroéconomiques à cause de sa forte dépendance à l'égard de l'agriculture pluviale. Sur le bassin, les événements pluviaux intenses (R95p) et extrêmes rares (R99p) augmentent très significativement [13] et le prédispose d'avantage aux catastrophes climatiques. Par ailleurs, les études récentes ont révélé que la tendance aux événements extrêmes, auxquelles est soumis le bassin ces dernières années est contraire à ce qui s'observe en Afrique de l'ouest en générale [13]. C'est dans le souci de mieux comprendre certains de ces événements dans cette portion du bassin et sur une longue période (1970 - 2020) qu'intervient cette étude. Elle analyse les sécheresses et humidités dans la portion Béninoise du bassin du fleuve Mono grâce au calcul des indices SPI afin de mieux appréhender, leur fréquence, leur étendue ainsi que leur intensité pour une planification des mesures d'adaptations appropriées.

II - MÉTHODOLOGIE

II-1. Données

Les données utilisées dans cette étude sont des données journalières de 8 postes pluviométriques (*Figure 2*) provenant de la base de données de l'ASECNA Bénin et se situant dans les limites de la basse vallée du bassin du Mono au Bénin.

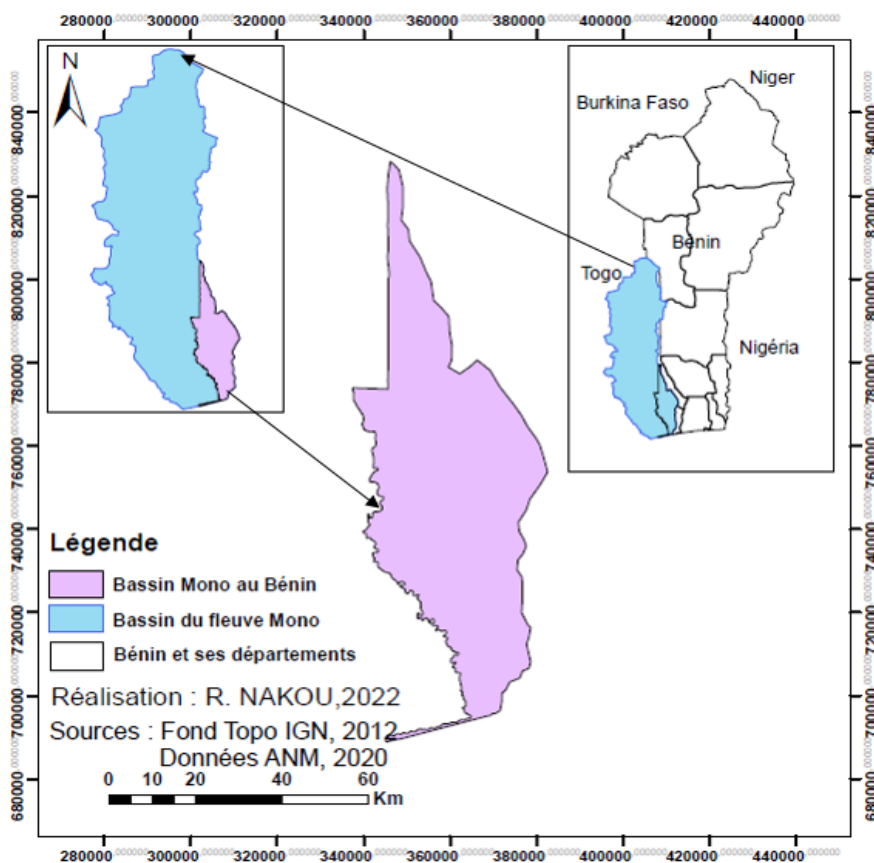


Figure 1 : Localisation de la basse vallée du fleuve Mono au Bénin

source [13]

La plupart de ces données couvrent la période d'étude (1970 à 2020) sauf à Lokossa, Houin-Agamè et Athiéme. Ces postes pluviométriques n'ont pas été pris en compte pour le calcul des indices SPI. Car, pour calculer l'indice SPI, il faut disposer idéalement de relevés mensuels s'étalant sur au moins 20 à 30 ans, mais de préférence sur 50 à 60 ans, voire plus, ce qui constitue la période optimale selon [14]. Les données pluviométriques à Lokossa, Houin-Agamè et Athiéme n'étant pas disponibles sur 50 ans, elles n'ont pas été prises en compte.

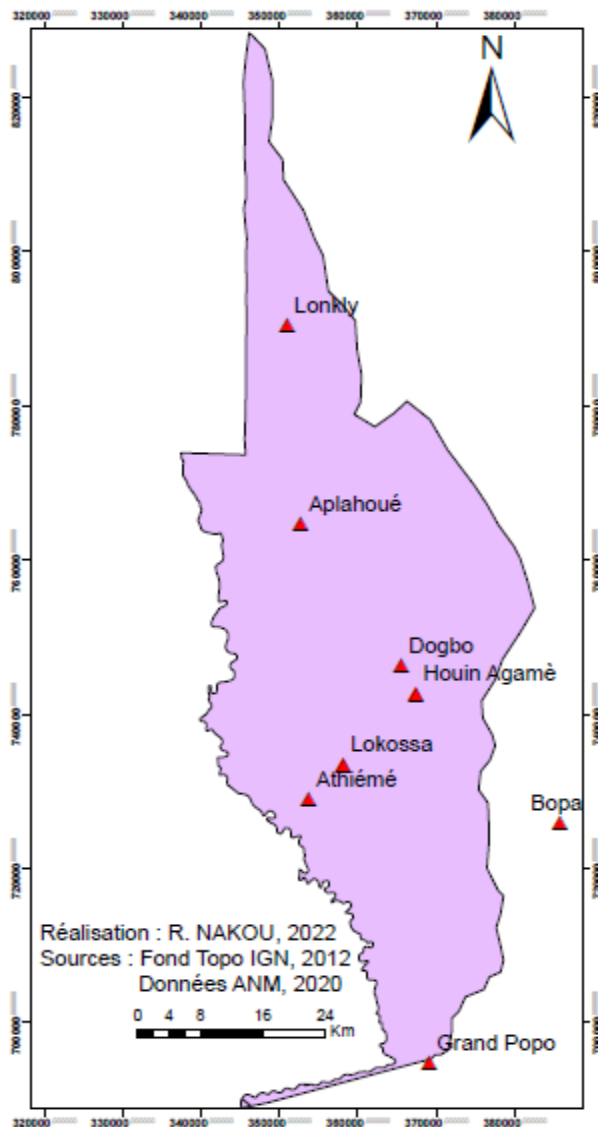


Figure 2 : Localisation des stations pluviométriques de la basse vallée du fleuve Mono au Bénin

II-2. Méthodes

II-2-1. Indice de précipitation normalisé (SPI)

L'indice de Précipitations Normalisé (SPI) est le fruit des recherches et des travaux conduits en 1992 par McKee et ses collaborateurs à l'Université d'État du Colorado (États-Unis) [15]. L'indice repose sur les rapports de la fréquence et de la durée des sécheresses avec les échelles temporelles [14]. Il correspond à la transformation de la série temporelle des précipitations en une distribution

normale standardisée de moyenne nulle et d'écart-type unitaire, également appelée z-distribution, distribution normale ou distribution gaussienne. Il est obtenu en ajustant une densité de probabilité appropriée à la distribution de fréquences des précipitations moyennées sur une échelle de temps définie. (<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi-program-alternativemethode.pdf>) (<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi.pdf>). Sept (7) classes sont considérées selon les valeurs des SPI de McKee et al (1993) [15]. Les valeurs sont définies à travers les critères du **Tableau 1**.

Tableau 1 : Classes de l'indice SPI

2,0 et plus	Extrêmement humide
de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à -1,49	Modérément sec
de -1,5 à -1,99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

II-2-2. Analyse des tendances des indices de précipitation normalisé (SPI)

L'analyse des tendances linéaires (exprimées en % par année) a été réalisée de 1970 à 2020 par régression linéaire entre les indices SPI et le temps (en années). Les pentes ainsi estimées ont été regroupées en deux classes indiquant des tendances significatives et non significatives. La limite des deux classes considérées est définie à partir de la statistique t de Student utilisée pour tester l'hypothèse d'une pente égale à 0. La tendance est dès lors qualifiée comme étant significative si la probabilité p du test t appliquée à la pente de régression est inférieure à 0,05, alors qu'elle ne l'est pas lorsqu'elle dépasse le seuil de 0,05.

II-2-3. Moyenne mobile sur 12 mois

Dans le but d'éliminer la forte variabilité des indices SPI sur le bassin, la moyenne mobile sur 12 mois été calculée afin de gommer les phénomènes à court terme. Le but d'utilisation de la moyenne mobile sur les indices SPI à longue durée est de déceler les différentes phases dans les séries. Les Moyennes Mobiles Centrées (MMC) d'ordre p (impair) de rang t pour une série chronologique en (x_i, y_i) sont données par :

$$MMC_{(p=2k+1),t} = \frac{1}{P} \sum_{i=-k}^k y_{t+i} \quad (1)$$

Les Moyennes Mobiles Centrées (MMC) d'ordre p (pair) de rang t pour une série chronologique en (x_i, y_i) sont données par

$$MMC_{(p=2k),t} = \frac{1}{P} \left[\frac{1}{2} y_{t-k} + \sum_{i=-k+1}^{i=k+1} y_{t+i} + \frac{1}{2} y_{t+k} \right] \quad (2)$$

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Analyse des indices SPI-12

Les *Figures 3, 4, 5, 6 et 7* montrent une très forte variabilité du SPI à l'échelle de 12 mois avec des tendances à la hausse à Aplahoué, Dogbo, Lonkly et Bopa sauf à Grand-Popo où la tendance est non significativement à la baisse. Cette tendance à Aplahoué, à Lonkly est significative (P -value $< 0,05$). Par compte à Bopa, Dogbo et Grand-Popo, la tendance est non significative à la hausse. Les valeurs des SPI se situent entre -2,7 à 2,9 à Aplahoué, entre -2,8 à 2,8 à Bopa et entre -2,9 à 2,9 à Lonkly. Par compte à Dogbo, les SPI se trouvent entre -3,5 à 2,9. A Grand-Popo, les valeurs se situent entre -2,8 à 3,2. Ces valeurs traduisent la présence d'évènements extrêmes et sévères sur le bassin. Dans le but d'éliminer cette forte variabilité des indices SPI sur le bassin, la moyenne mobile sur 12 mois été calculée. La *Figure 8* montre que la moyenne mobile sur 12 mois n'a dévoilé de phases claires dans les indices qu'à Dogbo (3 phases) et Lonkly (2 phases). Ces phases contiennent encore plusieurs cycles. La méthode des moyennes mobiles ou graphique ne permet donc pas de déceler les différentes phases ainsi que les cycles clairs dans les indices SPI sur le bassin. Par compte, elle permet de constater plusieurs cycles humides sur le bassin. Cette situation prédispose le bassin aux risques hydroclimatiques dont l'augmentation des saisons pluvieuses et le raccourcissement des saisons sèches. Ce phénomène sur le bassin est contraire à ce qui se passe en Afrique, en générale où le nombre de jours de pluies et les séquences humides ont connu des baisses chronologiques depuis les années 1970, comme il est d'ailleurs montré en en Afrique de l'Ouest en 2016 [16], en 2006 [17] et en Afrique centrale en 2009 [18]. Au Nord du Bénin et plus précisément dans le bassin du fleuve Niger, il est enregistré en 2007, une péjoration des précipitations [19]. D'autres auteurs [20] et [21] ont montré le raccourcissement de la saison des pluies et le prolongement des saisons sèches dans le bassin de Mékrou en 2017 et dans le bassin du fleuve Niger en 2019 respectivement. Ces cycles humides sur le bassin ont une occurrence beaucoup plus élevée après les années 1988, année qui coïncide avec la mise en eau du Barrage de Nangbéto. Pour rappel, le Barrage de Nangbéto a été construit sur le fleuve Mono dans la région des plateaux au Togo entre 1984 et 1987 dans le but de fournir de l'énergie

hydroélectrique au Togo et au Bénin, de créer des conditions de pêcheries et de fournir de l'eau pour l'irrigation. Cet ouvrage a contribué à la modification du régime pluviométrique et hydrologique du bassin par le un retour aux conditions humides à partir de 1988. Ce résultat avait déjà été confirmé en 2010 [22] où l'auteur a évalué une légère reprise pluviométrique de 3 % de 1988 à 2000 par rapport à la sous-période 1965 - 1987 sur le Mono et récemment en 2022 [13] où les auteurs ont noté une évolution vers les conditions drastiques de la pluviométrie à partir de 2009 après son retour sur le bassin en 1988. Ces auteurs ont par ailleurs montré une tendance à la hausse très significative des événements pluviaux intenses et rares sur le bassin.

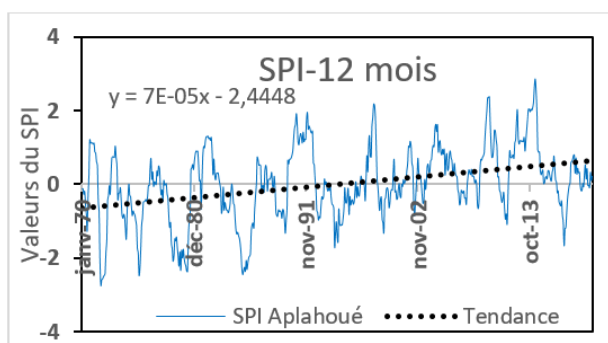


Figure 3 : Évolution chronologique du SPI-12 à Aplahoué de 1970 - 2020

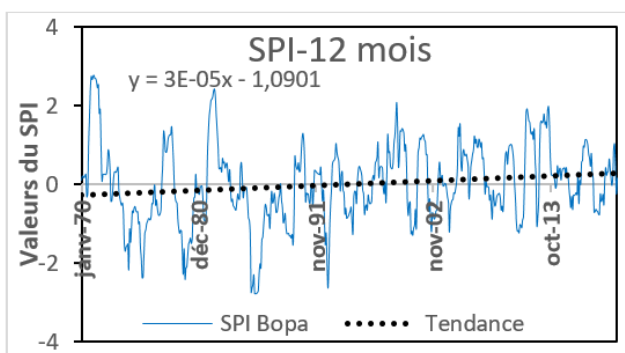


Figure 4 : Évolution chronologique du SPI-12 à Bopa de 1970 - 2020

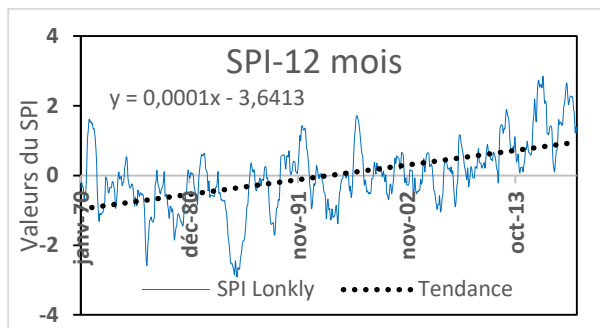


Figure 5 : Évolution chronologique du SPI-12 à Lonkly de 1970 - 2020

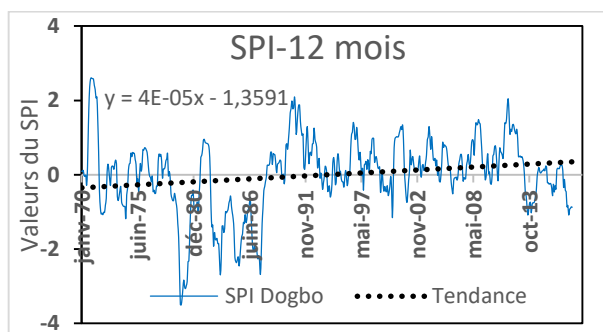


Figure 6 : Évolution chronologique du SPI-12 à Dogbo de 1970 - 2020

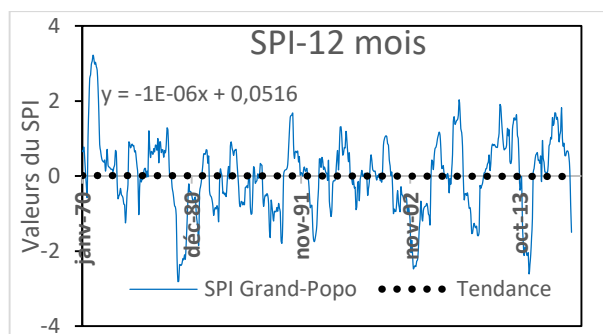


Figure 7 : Évolution chronologique du SPI-12 à Grand-Popo de 1970 - 2020

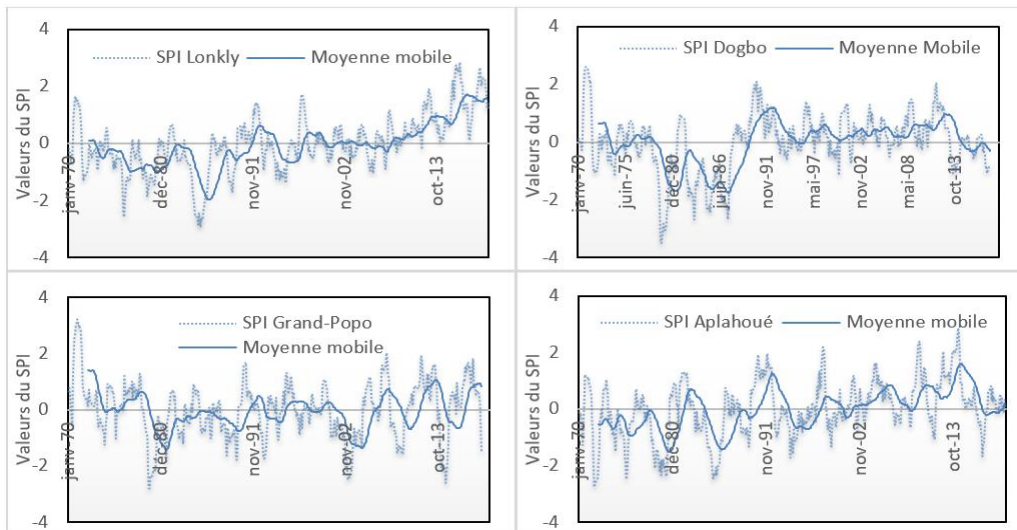


Figure 8 : Moyenne mobile sur 12 mois des indices SPI des différentes stations pluviométriques

III-2. Analyse de l’occurrence des types de sécheresse sur le bassin

La **Figure 9** présente l’occurrence moyenne des différents types de sécheresse dans le bassin du fleuve Mono au Bénin au cours de la période 1970 - 2020. L’indice SPI calculé pour une durée de 12 mois dévoile les quatre types de sécheresse (extrême, sévère, modérée et proche de la normale) sur le bassin. L’indice SPI est caractérisé par 71 % des conditions de sécheresse proches de la normale, 6 % de sécheresse modérée, 3 % de sécheresse sévère et 4 % de sécheresse extrême. L’étendue des SPI est en moyenne de 17 mois pour les extrêmes sécheresses, de 26 mois pour les sécheresses sévères, de 38 mois pour les modérées et de 419 mois pour les sécheresses proches de la normale (**Figure 10**). Cette même figure qui renseigne sur l’étendue des SPI-6mois montre que les extrêmes sécheresses sont plus étendues à 12 mois du temps qu’a 6 mois du temps.

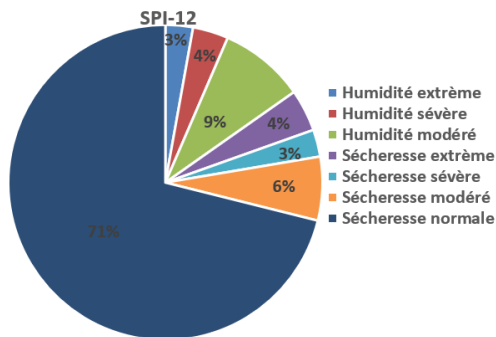


Figure 9 : Occurrence moyenne des différents types de sécheresse et d’humidité sur le bassin du fleuve Mono au cours de la période 1970 - 2020

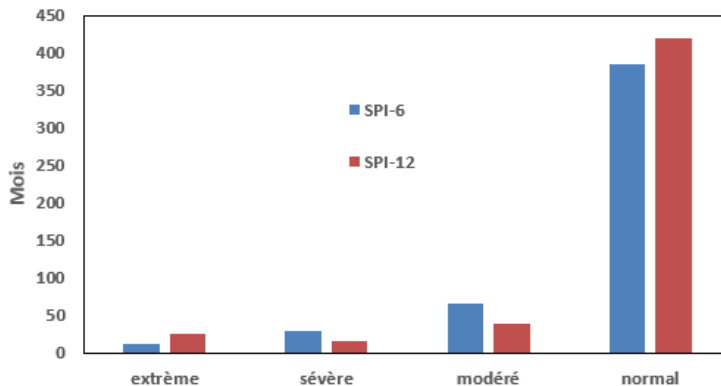
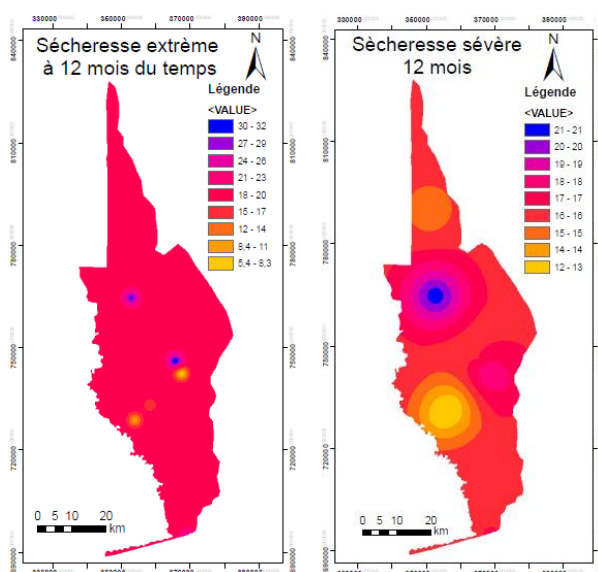


Figure 10 : Etendue des SPI de sécheresse à 12 mois et 6 mois du temps

La **Figure 11** présente les risques de sécheresse basés sur les fréquences d’occurrence et les rangs des évènements de sécheresse dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin région par région. En effet, à l’échelle 12 mois du temps, les risques de sécheresses extrêmes et sévères sont élevés au centre du bassin et au nord-ouest. L’étendue du SPI à 12 mois pour les sécheresses extrêmes par exemple est de 31 mois à Aplahoué, 32 à Dogbo qui sont des localités situées respectivement au nord-ouest et au centre du bassin contre 14 dans les autres localités situées sur le bassin. A la même échelle, les SPI pour les conditions proches de la normale et modérées présentent plus de risque d’apparition au nord et au sud du bassin. Les plus faibles valeurs du SPI sont enregistrées vers l’ouest du centre du bassin, quel que soit le type de sécheresse. Les valeurs pics du SPI-12 sont enregistrées au centre pour les extrêmes et sévères sécheresses (**Figure 12**). La valeur maximale pic enregistrée au cours de la période d’étude est de 3,5. Elle est apparue à Dogbo avec une étendue de 23 mois (09/1977 - 08/1979) (**Figure 6**).



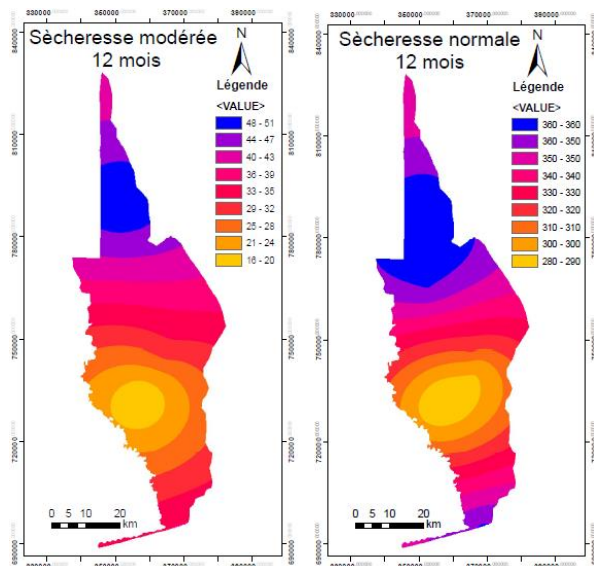


Figure 11 : Spacialisation des durées de sécheresse à l'échelle 12 mois

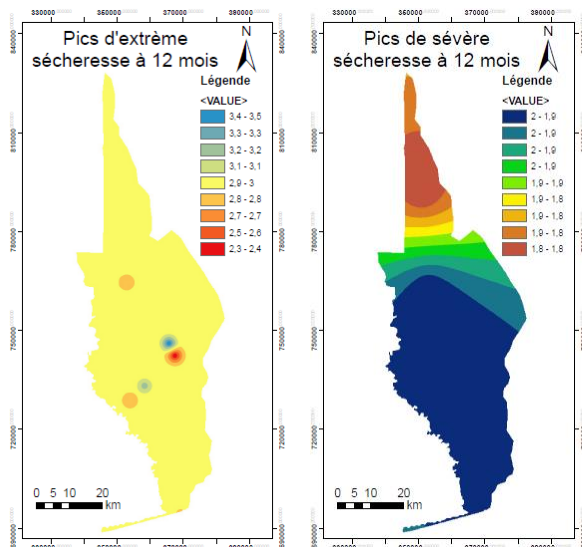


Figure 12 : Spacialisation de l'intensité des sécheresses extrêmes et sévère à l'échelle 12 mois

III-3. Analyse de l'occurrence des types d'humidité sur le bassin

De la **Figure 9**, il est apparu entre 1970 à 2020 sur la basse vallée du fleuve Mono au Bénin en moyenne 9 % d'humidité modérée, 4 % d'humidité sévère et 3 % d'humidité extrême à la fenêtre SPI-12. Le **Figure 13** fait une comparaison des risques d'humidité basés sur les fréquences d'occurrence à

l'échelle 12 mois et 6 mois sur le bassin et la **Figures 14**, le rang des types d'évènements d'humidité ainsi que leurs étendues région par région dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin pour les fenêtres du SPI-12. Il ressort de l'analyse de ces figures, qu'il est apparu entre 1970 à 2020 sur la basse vallée du fleuve Mono en moyenne 17 mois d'humidités extrêmes (**Figure 13**) à l'échelle du temps de 12 mois contre 11 à l'échelle du temps de 6 mois qui se répartissent comme suit : 18 à Aplahoué et Bopa à l'échelle 12 mois, 13 à Dogbo, 24 à Lonkly et 12 à Grand-Popo à la même échelle (**Figure 14**). L'indice pic d'humidité extrême maximal apparu sur le bassin au cours de la période d'étude est de 3,2. Elle a été enregistrée à Grand-Popo (**Figure 7**) pendant 1 mois. Quant à l'étendue des autres valeurs pics, la valeur de 2,9 est apparue pendant 7 mois à Aplahoué (**Figure 3**), 4 mois à Dogbo (**Figure 6**), 1 mois à Lonkly (**Figure 7**) et celle de 2,8 de 1 mois à Bopa (**Figure 4**). Ces pics traduisent le caractère extrême des humidités sur le bassin. L'étendue de l'humidité sévère quant à elle, est de 22 mois à Aplahoué, 24 à Bopa, 13 à Dogbo, 27 à Lonkly et 24 à Grand-Popo (**Figure 16**) avec pour pics de 1,9, respectivement de 2 mois, 4 mois, 5 mois, 3 mois, 3 mois et 3 mois (**Figure 3, Figure 4, Figure 6 et 7**).

L'humidité modérée (**Figure 14**) quant à elle, elle s'est fait remarquer par une fréquence beaucoup plus élevée aux deux premières. Les plus fréquentes sont enregistrées à Aplahoué (66 mois), à Dogbo (59 mois) et à Lonkly (40 mois). Les plus faibles quant à elles, sont enregistrées à Bopa (56 mois) et à Grand-Popo (42 mois). L'indice 1,4 pic d'humidité modérée est enregistré sur l'ensemble du bassin avec une fréquence d'apparition de 14 mois, 12 mois, 11 mois, 10 mois et 4 mois respectivement à Lonkly, Dogbo, Bopa, Aplahoué et Grand-Popo. De l'analyse des résultats, on remarque que quel que soit le type d'humidité (extrêmes, sévère ou modérée), l'étendue de leur fréquence d'apparition est beaucoup plus élevée dans les régions situées au Nord de la basse vallée du fleuve Mono au Bénin qui confirme la forte persistance de la pluviométrie dans ces localités. Par compte, leur intensité est beaucoup plus ressentie au centre du bassin et dans sa partie ouest. On conclut donc qu'il existe un gradient pluviométrique Nord-Sud sur le bassin. Le caractère fréquent de l'intensité des pics d'humidité extrême et sévère au centre du bassin et dans sa partie ouest explique les inondations dévastatrices qui surviennent dans cette partie du bassin.

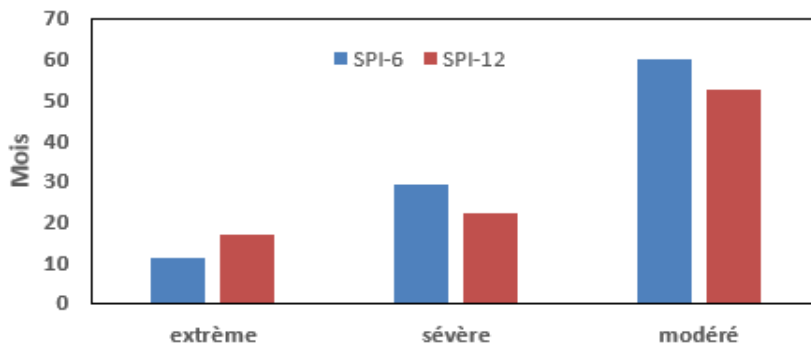


Figure 13 : Etendue des SPI d’humidité à l’échelles 6 et 12 mois du temps sur le bassin

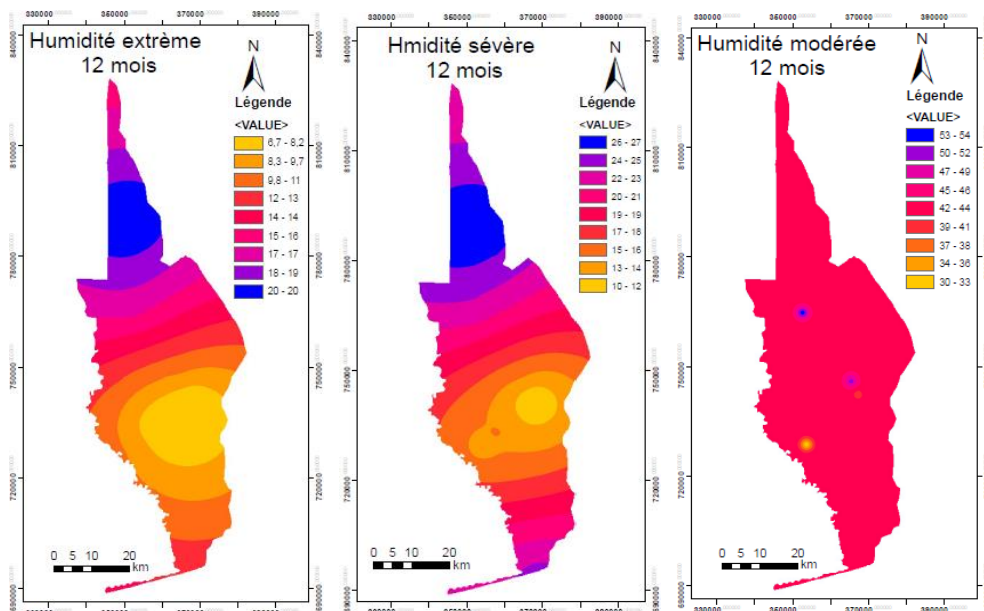


Figure 14 : Spacialisation des durées d’humidité à l’échelle 12mois

IV - CONCLUSION

Cette étude s’appuie sur le calcul des indices SPI pour caractériser les sécheresses et d’humidités dans la portion Béninoise du bassin du fleuve Mono sur la période 1970 - 2020. Sur cette période d’étude, il est apparu sur le bassin 3 % du temps d’humidité extrême, 4 % sévère et 9 % modérée avec un gradient pluviométrique Nord-Sud. Les sécheresses pour leur part, sont apparues à 4 % du temps à l’extrême, à 3 % du temps sévère, 6 % du temps des conditions modérées et 71 % des conditions proches de la normale. Les fenêtres du SPI

dévoilent un risque très élevé des extrêmes et sévères sécheresses au centre du bassin et au nord-ouest alors que l'étendue des occurrences d'apparition d'humidités *est* beaucoup plus élevée au Nord qui confirme la forte persistance de la pluviométrie dans ces localités. Les indices SPI calculés à l'échelle de 12 mois présentent une tendance à la hausse sur l'ensemble du bassin. Cette situation sur le bassin, le prédispose à des épisodes de sécheresse et d'humidité, donc à la dégradation de l'environnement qui constitue une menace pour les populations montre la vulnérabilité du bassin face aux changements climatiques.

RÉFÉRENCES

- [1] - GIEC, Incidence de l'évolution du climat dans les régions, "Rapport spécial sur l'évaluation de la vulnérabilité en Afrique", Island Press. Washington, (2001) 53 p.
- [2] - GIEC, Impacts, Adaptation and Vulnerability, "Contribution of working group II to the fourth Assessment report of the IPCC", Cambridge University Press, (2007) 391 - 431
- [3] - K. RIGAUD, A. DE SHERBININ, B. JONES, J. BERGMANN, V. CLEMENT, K. OBER, J. SCHEWE, S. ADAMO, B. MCCUSKER, S. HEUSER et A. MIDGLEY, Groundswell : Preparing for Internal Climate Migration. World Bank, Washington, DC, (2020)
- [4] - FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL (FMI), "S'adapter aux changements climatiques en Afrique Subsaharienne", (2020) 1 - 20
- [5] - CARITAS CANADA, "crise de la faim en Afrique Subsaharienne", (2022) [Online]. Available : <http://www.devpo.org> [Accessed 10 Décembre 2022]
- [6] - E. AMOUSSOU, P. CAMBERLIN, S. H. T. VODOUNON, Y. TRAMBLAY, C. HOUNDENOU, G. MAHÉ, J. E. PATUREL et M. BOKO, Évolution des précipitations extrêmes dans le bassin versant du mono (Bénin-Togo) en contexte de variabilité / changement climatique, XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie 2-5 juillet 2014- Dijon (France), (2014) 342 - 348
- [7] - OMM, Inondation, réduire leur impact en Afrique de l'Ouest, Revue, Afrique Renouveau section Afrique du département de l'information des Nations Unies, (2012)
- [8] - E. AMOUSSOU, "Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest)", Thèse de Doctorat unique, Université de Bourgogne, Dijon, France, CRCCNRS UMR5210, 313 p.
- [9] - J. GUEDESSOU, Changements climatiques et évaluation environnementale-enjeux et outils pour l'évaluation des impacts et

- l'élaboration de plans d'adaptation : enjeux des changements climatiques dans la mise en œuvre du projet d'aménagement hydroagricole de la basse vallée du fleuve mono, 14^e colloque international de l'IEPF et du SIFEE 28 mai 2009- Niamey (Niger), (2009) 1 - 28
- [10] - MEE, "Politique National de l'Eau du Bénin adopté en 2009", Ministère de l'Eau et de l'Energie, (2011)
- [11] - A. M. C. AHOSSI, "Vulnérabilité du Crétacé supérieur à la variabilité climatique et aux activités anthropiques dans le bassin versant du Mono à l'exutoire de Athiéme au Bénin", Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, (2020) 209 p.
- [12] - A. M. C. AHOSSI, A. ALASSANE, E. W. VISSIN, A. ZONGO et P DOSSOU, Identification de la Zone de Recharge de l'Aquifère du Crétacé Supérieur dans le Bassin Versant du Mono à l'Exutoire de Athiéme, *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 19 (1) (2020) 122 - 130
- [13] - R. T. NAKOU, F. P. CODO, N. C. WOROU, L. O. SINTONDI, A. ALASSANE et N. YALO, Caractérisation des événements pluviométriques extrêmes dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin, *Afrique SCIENCE*, 21 (5) (2022) 177 - 192
- [14] - OMM, "Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé", N°1090 (2012) 25 p.
- [15] - T. B. MCKEE, N. J. DOESKEN & J. KLEIST, The relationship of drought frequency and duration at time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, Jan 17-23, Anaheim CA, (1993) 179 - 186
- [16] - R. BALLIET, B. S. MAHAMAN, L. A. E. EVRADE, M. V. SOROKOBY, H. V. N'GUESSAN BI, A. O. N'DRI, B. K. DJE et J. BIEMI, Évolution Des Extrêmes Pluviométriques Dans La Région Du Gôh (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal* August 2016 edition, Vol. 12, N°23 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 Évolution, (2016) 74 - 87
- [17] - M. New, H. Bruce, B. S. David, T. Alois, K. Andries, M. Atanasio, G. Bernard, A. S. C. Caio, N. M. Dorcas, K. Elina, M. Ernest, A. Francis, S. Hemed, K. Joseph, A. Juliana, B. Lebohang, F. Lubega, L. M. Marshall and L. Robert, Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, (2006)
- [18] - E. AGUILAR, A. AZIZ BARRY, M. BRUNET, L. EKANG, A. FERNANDES, M. MASSOUKINA, X. ZHANG, Change in temperature and precipitation extremes in wewtern central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955-2006, *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 114 (D02115), doi :1029/2008JD011010

- [19] - E. W. VISSIN, "Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger", Thèse de Doctorat, (2007) 310 p.
- [20] - E. OBADA, "Approche de quantification des changements récents et futurs de quelques paramètres hydro-climatiques dans le bassin de la Mékrou (Bénin)", Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2017) 212 p.
- [21] - H. YAROU, E. OBADA, E. I. BIAO, D. F. BADOU et E. A. ALAMOU, Variabilité des extrêmes pluviométriques récents dans le bassin béninois du fleuve Niger (1960 - 2016), BÉNIN, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 34 (2019) 112 - 126, ISSN 1813 - 3290, <http://www.revist.ci>
- [22] - E. AMOUSSOU, " Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvial lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest)", Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, (2010) 313 p.