

Etude des caractéristiques des indices des extrêmes de température sur les côtes du Togo et du Bénin dans le golfe du Bénin

Moussa ADAMOUM, Pessièzoum ADJOUSI, Tak Youssif GNONGBO
Département de géographie, Université de Lomé

Résumé

Une analyse des tendances climatiques sur la période 1981-2015, suivant l'approche du projet ETCCDI-CLIVAR/JCOMM (Groupe d'experts sur la détection et les indices du changement climatique), a été effectuée pour le littoral du golfe du Bénin, qui subit les effets des fluctuations climatiques. L'objectif de ce travail est d'étudier les caractéristiques des indices des extrêmes climatiques sur le littoral du golfe du Bénin (Togo-Bénin). Le calcul des indices de températures a été effectué avec le logiciel RclimDex. Cette étude a montré qu'aux stations de Lomé-Aéroport et de Cotonou-Aéroport les indices de température connaissent une évolution significative. Les journées froides (TX10P) et les nuits froides (TN10P) ont montré une diminution du réchauffement ; les journées chaudes (TX90P), et des nuits chaudes (TN90P), une évolution positive du réchauffement.

Mots clés : Indices, extrêmes de températures, littoral du golfe du Bénin.

Abstract

An analysis of climate trends over the period 1981-2015, following the approach of the ETCCDI-CLIVAR/JCOMM project (Group of experts on the detection and indices of climate change), was carried out for the coast of the Gulf of Benin, which is affected by climatic fluctuations. The objective of this work is to study the characteristics of the indices of climatic extremes on the coast of the Gulf of Benin (Togo-Benin). The calculation of the rainfall and temperature indices was carried out with the RclimDex software. This study showed that at the Lomé-Airport and Cotonou-Airport stations, the temperature indices are experiencing a significant change. Cold days (TX10P) and cold nights (TN10P) showed a decrease in warming; hot days (TX90P), and hot nights (TN90P), a positive evolution of warming.

Keywords: Rainfall indices, temperature indices, coastline of the Gulf of Benin.

Date of Submission: 14-04-2022

Date of Acceptance: 30-04-2022

I. Introduction

Les événements climatiques sont qualifiés d'extrêmes lorsqu'une variable météorologique ou climatique prend une valeur située au-dessus (ou au-dessous) d'un seuil proche de la limite supérieure (ou inférieure) de la plage des valeurs observées pour laquelle la probabilité d'occurrence est généralement inférieure à 10 % (ONERC, 2018 ; pg-15). Il existe de nombreux critères pour déterminer si un événement météorologique ou climatique extrême s'est produit en fonction de différents emplacements géographiques et des exigences de recherche connexes. L'évolution des températures extrêmes, conforme au réchauffement climatique, montre que les occurrences des journées et des nuits froides décroissent alors que celles de jours et des nuits chauds croissent. L'amplitude diurne de la température ne présente pas de variation significative. L'étude menée par Aguilar et al. (2009) sur les variations dans les extrêmes de température en Guinée, montre une décroissance dans les extrêmes froids et une croissance dans les extrêmes chauds

Afin de remédier à cette situation, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme mondial de recherche sur le climat (WCRP) ont établi conjointement l'équipe d'experts sur la détection et les indices du changement climatique (ETCCDI) au début du 21^e siècle et ont défini 27 indices climatiques représentatifs pour évaluer les changements climatiques extrêmes aux niveaux mondial et régional. Les indices climatiques extrêmes définis par l'ETCCDI ont favorisé la recherche d'événements climatiques extrêmes observés et accéléré la poursuite des recherches sur la simulation de modèles et l'attribution de tels événements (Alexander et al., 2006, Donat et al., 2013b, Kim et al., 2016, Yin et Soleil, 2018).

L'objectif de ce travail est de présenter les tendances dans les changements qui ont lieu dans différents indices des températures sur le littoral du golfe du Bénin pour la période allant de 1981 à 2015. Cet article analyse les indices climatiques nationaux du Togo et du Bénin afin de pouvoir faire les comparaisons avec la

moyenne régionale. La zone d'étude est décrite dans la section 2 ; le matériel et les méthodes, dans la section 3. Ils sont suivis par les résultats et la discussion dans la section 4. La section 5 est consacrée à la conclusion.

II. Présentation de la zone d'étude

Les côtes du Togo et du Bénin font partie intégrante du golfe du Bénin qui occupe la partie sud-orientale de l'Afrique Occidentale sur l'Atlantique (Blivi, 1993) ; et est situé entre le méridien 1° et 4° de longitude Est et le parallèle 6° et 6°30' de latitude nord, la plaine côtière du Golfe du Bénin appartient au système margino-littoral s'étendant du cap des Trois Pointes (région de Takoradi, Ghana) au delta du Niger (Nigeria). Il est constitué d'une plaine côtière s'étendant du Cap des Trois Pointes (région de Takoradi, Ghana) au delta du Niger (Nigeria) et couvrant environs 475 km². Un complexe constitué de sédiments sableux, de lagunes et de nombreux cordons dont l'évolution est surtout marquée par l'élévation du niveau marin et les fluctuations climatiques holocènes et secondairement par les tectoniques locales.

Les littoraux du Togo et du Bénin se trouvent au centre d'un géosystème continu et uniforme de cordons dunaires et de lagunes dans le golfe du Bénin (golfe de Guinée, Afrique de l'Ouest, (Fig.1) (BLIVI, 1993). Le golfe du Bénin-Togo, ou baie du Bénin, situé dans la zone subéquatoriale de l'Afrique de l'Ouest, est une partie du golfe de Guinée, à l'ouest du delta du Niger. Il constitue la façade maritime du Ghana, du Togo, du Bénin et du Nigeria. Notre zone d'étude (le Togo et le Bénin) est située au cœur de cette région de l'Afrique de l'Ouest.

La circulation atmosphérique ouest-africaine est commandée par des centres d'action qui déterminent les climats dans tout l'Afrique de l'Ouest que sur le littoral du golfe du Bénin. Blivi, (1993) affirme que le golfe du Bénin est soumis à un climat essentiellement subéquatorial à saisons contrastées marquées par des écarts entre les quantités et la distribution saisonnière des précipitations ; à un régime de vent et de houle du SSW, d'énergie faible à moyenne, tandis qu'une marée semi-diurne reste pratiquement synchrone sur toute la côte.

Ainsi dans les basses couches de l'hémisphère nord, deux centres d'action atmosphériques gouvernent la circulation atmosphérique Ouest-africaine et caractérisent le climat sur le littoral du golfe du Bénin.

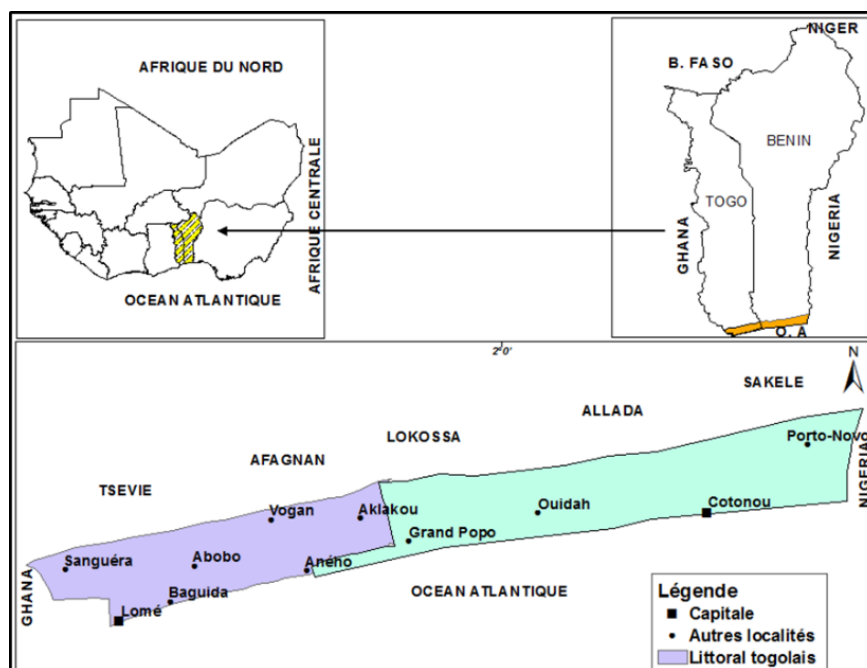


Figure 1 : Carte de la situation géographique du Togo et du Bénin

Source : Carte topographique du Togo et du Bénin au 1/200 000, IGN, 1989

III. Matériel et méthode

3.1. Matériel

Les données prises en compte pour le calcul de cet indicateur (indices) sont issues d'une sélection de séries de données de température quotidiennes du réseau d'observation météorologique de Lomé-Aéroport et de Cotonou-Aéroport de la période allant de 1981 à 2015. Ces données proviennent de la base de données de la Direction Générale de la Météorologie Nationale (DGMN) du Togo et du Bénin. Dans ce travail, les indices utilisés sont ceux définis par l'OMM dans le cadre du "CC/CLIVAR Expert Team on Climate Change

Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)”. L’ETCCDI, parrainé par la Commission pour la Climatologie (CC1) de l’Organisation météorologique mondiale et le projet Variabilité et Prévisions Climatiques (CLIVAR, 2017), définit la base de 27 indices (Zhang et Yang, 2004; Alexander et al., 2005) de températures et de précipitations, qui ont été employées dans plusieurs enquêtes liées à des événements extrêmes (Frich et al., 2002; Klein Tank et Konnen, 2003; Rusticucci et Barrucand, 2004; Aguilar et al., 2005; Kostopoulou et Jones, 2005; Vincent et al., 2005; Alexander et al., 2005; Hernández et al., 2006; Sillmann et Roeckner, 2008; Trambly et al., 2013). Ils ont été choisis pour couvrir plusieurs aspects du changement climatique au niveau mondial afin d’évaluer l’impact potentiel sur les activités liées à l’agriculture, l’économie et l’environnement. Ils sont aussi utiles pour la surveillance des changements climatiques au niveau mondial. L’analyse des indices de la température, à cause du manque de stations synoptiques sur la zone d’étude, seules deux (2) stations situées dans les villes de Lomé (Lomé-Aéroport) et de Cotonou (Cotonou-Aéroport) assez bien réparties spatialement sur la côte reliant le Togo au Bénin, ont été retenues. Les données de température issues de ces stations couvrent la période de 1981 à 2015.

3.2. Méthode

Le calcul de ces indices a été rendu possible grâce au logiciel de statistiques RStudio, version 1.5.105, téléchargeable gratuitement sur le site <http://s3.amazonaws.com/rstudio-ide-build/> Il permet le calcul des indices climatiques traduisant les pluies annuelles totales, leurs fréquences et leurs extrêmes. Ce logiciel s’accompagne d’un programme associé RclimDex, version 1.0, qui permet également le calcul de ces indices climatiques (Zhang et Yang, 2004). Ce dernier est également téléchargeable gratuitement à partir du site web de Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI).

Les indices climatiques, valeurs calculées pouvant être utilisées pour décrire l’état et les changements du système climatique, permettent d’étudier statistiquement les variations des aspects climatologiques dépendantes, telles que l’analyse et la comparaison des séries chronologiques, des moyennes, des extrêmes et tendances.

Les paramètres d’entrée de RclimDex sont : – la première et la dernière année de la période de base ; – la latitude de la station ; – le maximum et le minimum de la température maximale journalière ; et le maximum et le minimum de la température minimale journalière. Enfin, les données de sortie sont stockées sous forme de fichiers Excel. Les tendances sont linéaires et calculées par la méthode des moindres carrés. Pour avoir de bonnes séries de données qui conduisent à de bons résultats, nous avons procédé à un premier contrôle de qualité des séries chronologiques de données. Les procédures statistiques et visuelles contenues dans le code RclimDex ont été utilisées.

Pour ce qui est des indices liés aux températures extrêmes, nous avons retenu 07 indices relatifs aux jours ou aux nuits les plus chauds ou plus froids, aux fréquences des jours ou des nuits les plus chauds ou plus froids ainsi qu’aux séquences chaudes ou froides. Ce sont : DTR, TN10p, TX10p, TN90p, TX90p, WSDI et CSDI.

Dans cette étude les indices climatiques susmentionnés dans le paragraphe précédent ont été calculés pour chacune des stations sur la période 1981-2015. Seuls des indices des stations issus du champ moyen de température sont présentés pour une lecture spatiale territoriale. L’indice moyen indique soit une tendance à l’augmentation, soit une tendance à la diminution, soit une stagnation au niveau de l’indice considéré. La tendance, supposée linéaire, peut changer au cours du temps puisqu’elle est étroitement dépendante des bornes de la série choisie (Sneyers, 1990).

Tableau 1 :Indices des extrêmes des températures journalières

Identification	Nom de l’indice	Définition	Unité
WSDI	Indicateur des durées des séquences chaudes	Nombre de jours dans l’année avec au moins six jours consécutifs où Tmax > 90e percentile	%jours
DTR	Indicateur de l’écart de température	Amplitude diurne de la température	°C
CSDI	Indicateur des durées des séquences fraîches	Nombre de jours dans l’année avec au moins six jours consécutifs où Tmin < 10e percentile	%jours
TX10P	Jours froids	Pourcentage de jours où la température maximale quotidienne < 10e centile	%
TN10P	Nuits froides	Pourcentage de jours où la température minimale quotidienne < 10e centile	%
TX90P	Jours chauds	Pourcentage de jours où la température maximale quotidienne est > 90e centile	%
TN90P	Nuits chaudes	Pourcentage de jours où la température minimale quotidienne est > 90e centile	%

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 (p-value) 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.

L'avantage d'utiliser les indices pour la détection du changement climatique est qu'ils permettent une comparaison facile des tendances entre diverses régions appartenant à des zones climatiques différentes. Les indices des extrêmes climatiques sont facilement compréhensibles et maniables pour des études d'impacts climatiques sur le plan socio-économique (Christensen et al., 2002).

Loi Généralisée des Valeurs Extrêmes (GEV)

La modélisation des valeurs extrêmes a été faite par la loi GEV. Elle est aussi appelée la loi à trois paramètres représentés comme une généralisation de la loi de Gumbel qui a fait l'objet de beaucoup d'études dans les Caraïbes (Sisson et al., 2006) ; en Côte d'Ivoire (Goulaet al., 2007 ; Soro et al., 2008) et au Bénin (Amoussouet al., 2014). Sa fonction de répartition est donnée par la formule :

$X \sim GEV(\mu, \sigma, k)$ avec $\sigma > 0$ si sa fonction de répartition est donnée par

- Si $k \neq 0$: $F(x; \mu, \sigma, k) = \exp\left(-\left[1 + k \frac{x-\mu}{\sigma}\right]^{-1/k}\right)$ définie pour x vérifiant $1 + k \frac{x-\mu}{\sigma} > 0$

- Si $k = 0$: $F(x; \mu, \sigma, k) = \exp\left(-\exp\left(-\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]\right)\right)$ définie pour tout $x \in \mathcal{R}$

Avec :

- μ paramètre de position

- σ paramètre d'échelle : si $X \sim GEV(\mu, \sigma, k)$, alors $\frac{x-\mu}{\sigma} \sim GEV(0, 1, k)$

- k est un paramètre de forme

Le paramètre k spécifie le comportement de la distribution dans ses queues. Les valeurs $k = 0$, $k > 0$ et $k < 0$ correspondent, respectivement, aux lois de Gumbel, de Fréchet et de Weibull.

* Le cas $k = 0$ correspond à la loi de **Gumbel** (loi d'extrémum de type I) et on peut montrer que c'est bien la limite des autres cas lorsque $k \rightarrow 0$

$$F(x; \mu, \sigma, 0) = \exp\left(-e^{-\frac{x-\mu}{\sigma}}\right) \forall x \in \mathcal{R}$$

* Le cas $k > 0$ correspond à la loi de **Fréchet** (loi d'extrémum de type II ; $k = \alpha^{-1} > 0$).

$$F(x; \mu, \sigma, k) = \begin{cases} 0 & x \leq \mu \\ e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-\alpha}} & x > \mu \end{cases}$$

* Le cas $k < 0$ correspond à la loi de **Weibull** (loi d'extrémum de type III ; $k = \alpha^{-1} < 0$).

$$F(x; \mu, \sigma, k) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{\alpha}} & x < \mu \\ 1 & x \geq \mu \end{cases}$$

avec $\sigma > 0$

IV. Résultats Et Discussion

4.1. Résultats

4.1.1. Indices sur la fréquence des nuits froides et chaudes ; des journées froides et chaudes

La figure 1 montre l'évolution interannuelle des différentes fréquences de température sur le littoral du golfe du Bénin au cours de la période de 1981 à 2015. Au cours de cette période, les indices de température ont montré une tendance générale au réchauffement dans toute la région du golfe du Bénin au cours de la période de 1981 à 2015. Sur la période 1981-2015, les journées froides (TX10P) et les nuits froides (TN10P) ont montré une diminution du réchauffement avec une tendance de TX10P de -1,2255 et -0,4983 respectivement à la station de Cotonou et de Lomé ; le même constat a été fait pour les TN10P pour l'ensemble des deux stations synoptiques de la région du littoral. Cependant l'orientation de la parabole reste positive dans les deux stations dont 0,0213 à la station de Cotonou et 0,0017 à la station de Lomé ; ce qui annonce une reprise du réchauffement dans la région à la fin de la période d'étude (1981-2015) comme l'a confirmé l'OMM (2017) ; 2017 figures parmi les trois années les plus chaudes jamais enregistrées. Sur la base de trois jeux de données traditionnelles d'observation en surface et deux jeux de données de réanalyse, on a calculé que la température moyenne à l'échelle du globe en 2017 dépassait de $0,46 \text{ °C} \pm 0,1 \text{ °C}$ la moyenne de la période 1981-2010 et d'environ $1,1 \text{ °C} \pm 0,1 \text{ °C}$ les valeurs préindustrielles. Ces jeux de données ne permettent pas de départager 2017 et 2015 pour les rangs de deuxième et troisième années les plus chaudes, mais on peut les classer juste derrière 2016, année où la température moyenne était supérieure de $0,56 \text{ °C}$ à la normale calculée pour la période 1981-2010. Les années 2015, 2016 et 2017 ont été manifestement plus chaudes que toutes les années antérieures, l'écart atteignant au moins $0,15 \text{ °C}$. Quant à la fréquence des journées chaudes (TX90P), et des nuits chaudes (TN90P), une évolution positive du réchauffement a été constatée dans l'ensemble de la région avec un

taux de réchauffement de 0,4966 et 0,6581 respectivement à la station de Cotonou et de Lomé, pour le TN90P ; alors que le TX90P affiche un taux de réchauffement de 1,356 et de 0,436. Cependant l'orientation de la parabole de la courbe de régression polynomiale des TX90P diffère d'une station à l'autre. Elle est négative à la station de Cotonou-Aéroport (-0,0182) alors qu'à la station de Lomé-Aéroport, cette orientation est restée positive (0,0133) sur toute la période de 1981 à 2015. Ceci permet d'affirmer qu'au cours de la période 1981-2015, le pourcentage des journées chaudes a reculé à l'Est du littoral du golfe du Bénin ; alors qu'à l'Ouest du littoral, ce pourcentage est en nette augmentation au cours de la même période. Quant à l'évolution du pourcentage des nuits chaudes, elle est en augmentation sur la quasi-totalité du littoral du golfe du Bénin. Force est donc de constater que la fréquence des nuits chaudes (TN90P) est plus élevée que celle des journées chaudes (TX90P) sur l'ensemble du littoral du golfe du Bénin au cours de la période 1981-2015. Ainsi, parmi les indices basés sur les centiles, les indices TN90p (nuits chaudes) et TX90p (jours chauds) montrent le changement le plus élevé. Ces indices ont montré une tendance générale au réchauffement dans toute la région du littoral du golfe du Bénin (fig.1) ; et la combinaison des températures mesurées au-dessus du sol et à la surface de la mer font de 2015 (à égalité avec 2005, 2007 et 2010), l'année la plus chaude jamais enregistrée à la surface du globe notamment en Afrique de l'Ouest (OMM, 2015).

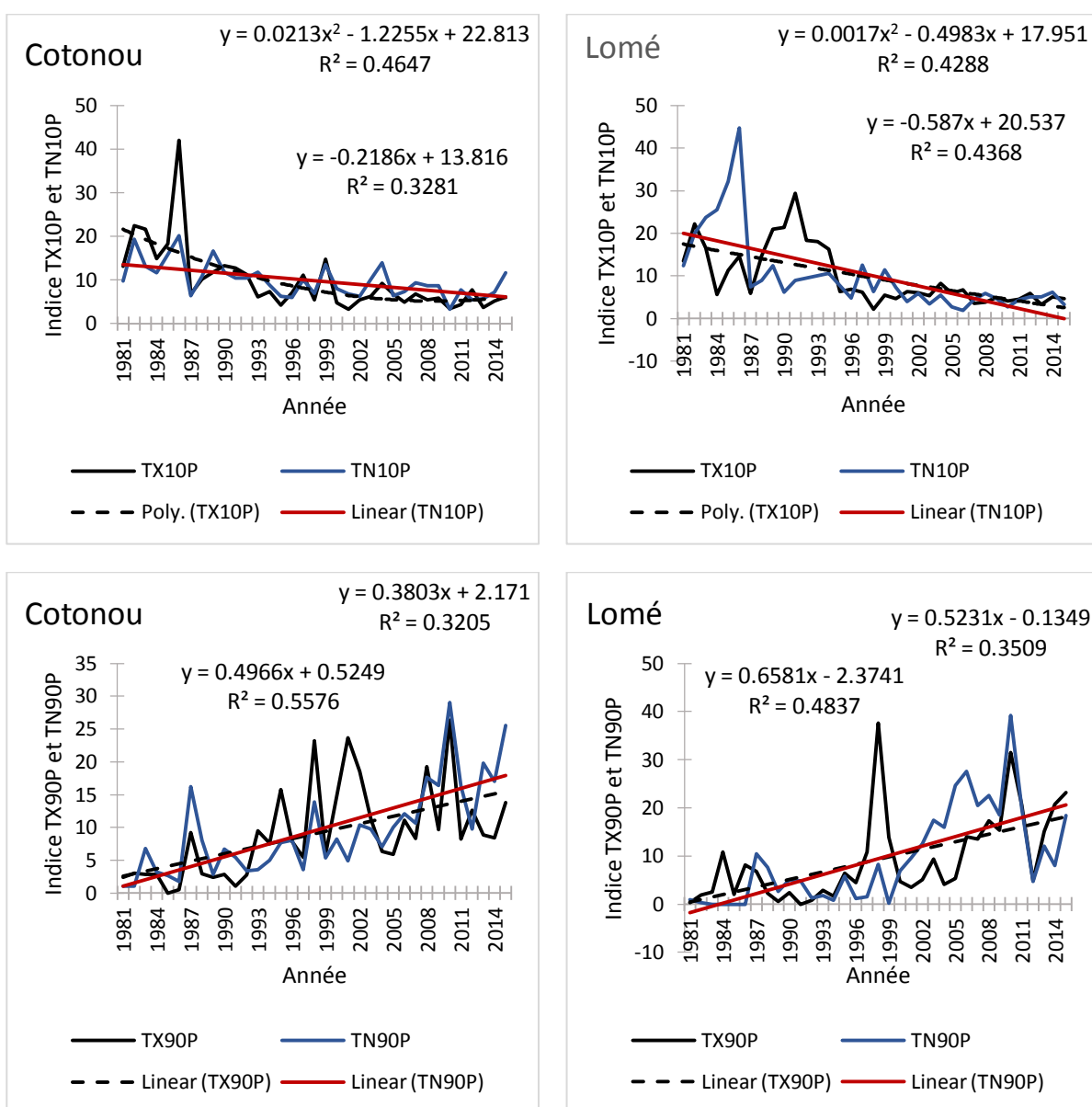


Figure1 : Evolution interannuelle des fréquences des nuits froides et chaudes ; des journées froides et chaudes sur le littoral du golfe du Bénin de la période 1981 à 2015.

Source : Données de la DGMN du Togo et du Bénin, 2015

4.1.2. Indice sur l'amplitude diurne de la température

La figure 2 montre l'évolution de l'indice des amplitudes thermiques diurnes. Cette évolution se traduit par une tendance à la hausse de l'indice à la station de Cotonou-Aéroport ; alors qu'à la station de Lomé-Aéroport la tendance est à la baisse. La station de Cotonou enregistre une hausse de $0,0043^{\circ}\text{C}/\text{an}$, quand Lomé enregistre une baisse de $-0,0119/\text{an}$ au cours de la même période. Les courbes de lissage de Lowess appliquées aux différents graphiques de la figure 2 montrent que les fluctuations de températures comportent plusieurs phases selon les stations considérées. La station de Cotonou comporte deux phases ; la première va de 1981 à 1996 et marque une hausse de température dans le secteur Est du littoral ; et la deuxième phase de 1997 à 2015, marque une baisse de la température dans ce même secteur. Quant à la station de Lomé, la courbe de lissage comporte trois grandes phases ; une première phase allant de 1981 à 1992 au cours de laquelle on a assisté à une baisse de température, au cours de la deuxième phase, la température s'est stabilisée entre 1996 et 2000 avant de poursuivre sa chute jusqu'en 2007. La troisième période (2008-2015) est marquée par une nouvelle hausse de température. Ces observations confirment également la situation déjà évoquée au paragraphe précédemment et appellent au même commentaire du réchauffement climatique ayant induit le changement climatique.

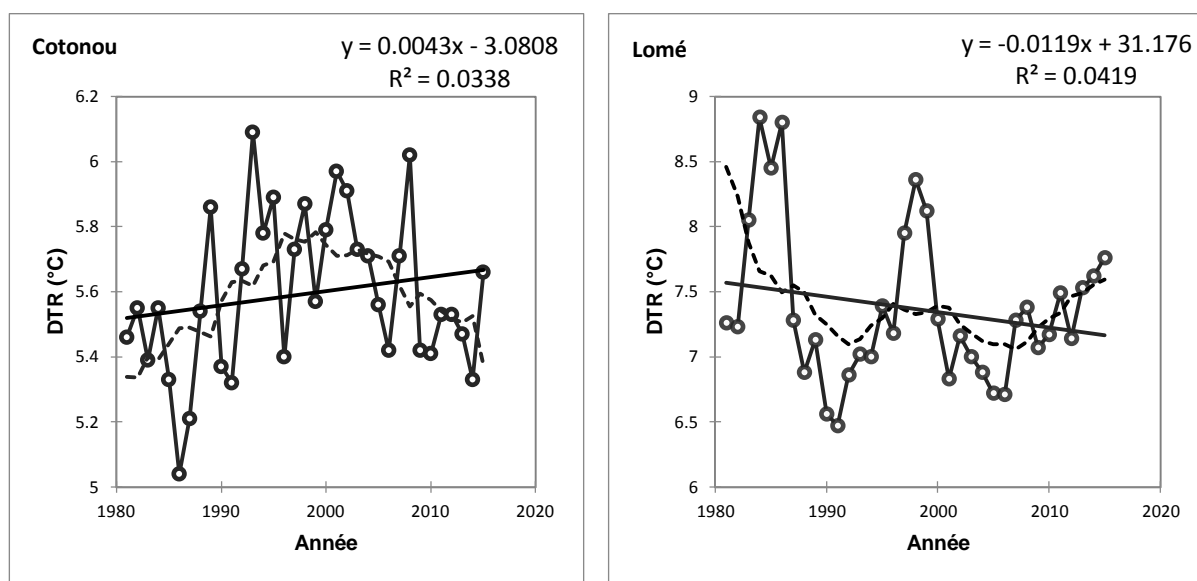


Figure 2 : Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'indice DTR aux stations de Cotonou-Aéroport et de Lomé-Aéroport sur le littoral du golfe du Bénin.

Source : Données de la DGMN du Togo et du Bénin, 2015

4.1.3. Indices sur les séquences froides (CSDI) et séquences chaudes (WSDI)

Sur le littoral du golfe du Bénin, la tendance des indices des séquences fraîches et celle des séquences chaudes évoluent inversement selon que l'on soit à Cotonou ou à Lomé. La figure 3 illustre qu'à travers les analyses de certains indices de température au cours de la période d'étude, les fréquentes nuits froides et les journées froides diminuent tandis que celles des journées chaudes et des nuits chaudes ainsi que des vagues de chaleur augmentent. Ainsi, le nombre de jours frais dans l'année (CSDI) serait en baisse à Cotonou de $0,096\%/ \text{an}$, alors qu'à Lomé, cette baisse est estimée à plus de $0,5\%/ \text{an}$. Cette baisse s'accroît de l'Est vers l'Ouest du littoral du golfe du Bénin. Inversement, le nombre de jours chauds dans l'année (WSDI) augmente progressivement selon que l'on se déplace de l'Ouest vers l'Est de ce littoral. Cette hausse tourne autour de $0,2\%/ \text{an}$ à Cotonou, et de $0,02\%/ \text{an}$ à Lomé.

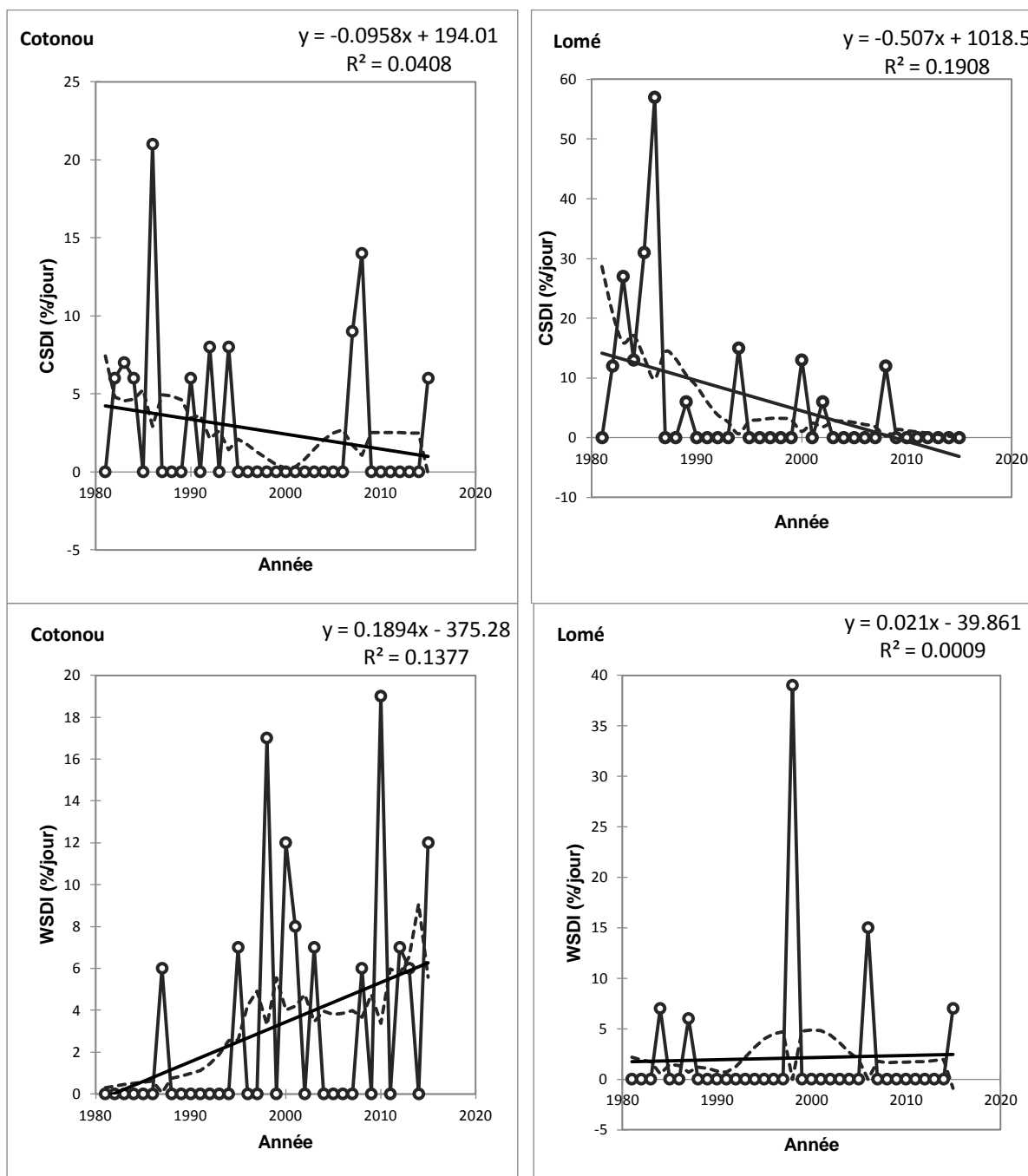


Figure 3 : Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs des indices CSDI et WSDI aux stations de Cotonou-Aéroport et de Lomé-Aéroport sur le littoral du golfe du Bénin

Source : Données de la DGMN du Togo et du Bénin, 2015

L'évolution de chaque indice des séquences fraîches confirme celle des séquences chaudes puisque lorsque la température augmente le nombre de jours frais diminue. Cette analyse sur les indices de température confirme celle qui avait été déjà faite par Lu et al., (2018). Selon l'auteur, les deux tendances des indices de durée des périodes étaient cohérentes avec celles des indices mondiaux, même si des différences régionales étaient présentes dans les tendances des indices WSDI. Atcheremi et al., (2018) confirment que c'est ce qui explique bien que le réchauffement climatique est à l'origine du changement climatique puisque la hausse des températures provoque une réduction des périodes fraîches et donc une baisse de la pluviométrie et aussi un raccourcissement des saisons de pluie.

4.2. Discussion

L'analyse des données climatiques montre que sur ce littoral, les dernières décennies ont été marquées par une évolution très marquée des principaux paramètres climatiques.

Ainsi nos résultats soutiennent des études antérieures qui ont trouvé un changement dans la distribution des extrêmes de température maximale et minimale compatible avec le réchauffement et que les extrêmes de températures minimales moyennes mondiale se réchauffent plus rapidement que les extrêmes de température maximale. Des études récentes ont montré comment les distributions des températures journalières et saisonnières ont considérablement évolué vers des valeurs de température plus élevées depuis le milieu du XXe siècle (Donat et Alexandre, 2012 ; pg. 4). Cela inclut des changements dans les moments statistiques les plus élevés des distributions, ayant de sérieuses implications pour les impacts climatiques. Cependant il existe également une certaine covariabilité (généralement saisonnière) entre les températures extrêmes et d'autres variables atmosphériques, telles que les précipitations, la couverture nuageuse ou l'occurrence de tempêtes (Robinson et al., 2002 ; Portmann et al., 2009). Ainsi, l'ampleur des variations climatiques a occasionné sur le littoral du golfe du Bénin de fortes disparités dans la distribution des précipitations au cours de la période 1981-2015.

Tous les indices extrêmes basés sur la température montrent une augmentation de la température moyenne globale de la région, WSDI (19 jours à la station de Cotonou ; alors que qu'à la station de Lomé elle n'est que de 2 jours), TX90 (38% à la station de Cotonou-Aéroport et 52% à Lomé) ; TN90 (49,6% à Cotonou et 69,8% à Lomé).

L'étude climatologique basée sur les différents indices de l'ETCCDI montre des résultats raisonnables pour l'Afrique, comme on pouvait s'y attendre, mais il serait utile d'évaluer ces résultats plus en détail en utilisant des produits de précipitations qui sont indépendants. Le WSDI peut donc être considéré comme un proxy de la durée des vagues de chaleur quelle que soit la température moyenne de la région. Cela signifie que deux épisodes de canicule de même durée seraient tout aussi graves, quelle que soit la valeur de température élevée ou basse (Russo et al., 2014). Une augmentation du nombre de nuits chaudes pourrait affecter davantage la santé humaine dans une région où l'accroissement de la densité de population reste un problème majeur.

L'analyse saisonnière des indices de température extrêmes qui sont suffisamment capables de capturer la variabilité spatiale à une résolution fine devrait être envisagée pour une enquête plus approfondie pour la recherche orientée vers l'action. La surveillance en temps réel et le système d'alerte précoce des prévisions de vagues de chaleur et des inondations au niveau régional devraient être renforcé ; ce qui pourraient aider à réduire les décès par coup de chaleur et par noyade sur le littoral du golfe du Bénin.

V. Conclusion

Cette étude a permis d'examiner l'évolution des indices des précipitations et de température du littoral du golfe du Bénin sur la période allant de 1981 à 2015. Les indices liés à la température montrent des tendances à l'augmentation, corroborant ainsi la tendance déjà connue du réchauffement plus rapide du continent africain en toute saison que la tendance globale (Hulme et al., 2001). Pour ce qui est de la fréquence des journées chaudes (TX90P), et des nuits chaudes (TN90P), une évolution positive du réchauffement a été constatée dans l'ensemble de la région avec un taux de réchauffement de 0,5 et 0,7 respectivement à la station de Cotonou et de Lomé, pour le TN90P ; alors que le TX90P affiche un taux de réchauffement de 1,3 et de 0,4. Les journées froides (TX10P) et les nuits froides (TN10P), ont quant à elles montré une diminution du réchauffement avec une tendance de TX10P de -1,2 et -0,5 respectivement à la station de Cotonou et de Lomé ; le même constat a été fait pour les TN10P pour l'ensemble des deux stations synoptiques de la région du littoral.

L'évolution de l'indice des amplitudes thermiques diurnes (DTR) se traduit par une tendance à la hausse de cet indice à la station de Cotonou-Aéroport ; alors qu'à la station de Lomé-Aéroport la tendance est à la baisse. Quant aux tendances des indices des séquences fraîches (CSDI) et celle des séquences chaudes (WSDI), elles évoluent inversement selon que l'on soit à Cotonou ou à Lomé.

L'évolution des indices des extrêmes suit celle de l'Afrique, mais l'absence d'un réseau dense de stations synoptiques sur le littoral du golfe du Bénin, nécessite d'explorer cette partie littorale avec des données satellitaires pour étudier le comportement des extrêmes.

Bibliographie

- [1]. Alexander L.V., Zhang X., Peterson T.C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M., Vazquez-Aguirre J. L., 2005. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of geophysical research*, vol. 111; 22 p.
- [2]. Atcheremi K.N.D, Jourda J. P. R., Saley M. B., Kouame K. J., Balliet R., 2018. Etude de l'évolution des extrêmes pluviométriques et de température dans le bassin versant de rivière d'Avoué (sud-ouest de la Côte d'Ivoire) à partir de certains indices du logiciel Rclimindex. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°36, Dec 2018, pp. 99-117.
- [3]. Christensen J.H., Carter T.R., Giorgi F., 2002. Prudence employs new methods to assess European climate change, *E.O.S.* 83, pp.147.
- [4]. Donat, M. G., Alexander L.V., Yang H., Durre I., Vose R., Dunn R. J. H., Willett K. M., Aguilar E., Brunet M., Caesar J., Hewitson B., Jack C., Klein Tank A. M. G., Kruger A. C., Marengo J., Peterson T. C., Renom M., Oria Rojas C., Rusticucci M., Salinger J., Sanhouri Elrayah A., Sekele S.S., Srivastava A.K., Trewin B., Villarreal C., Vincent L.A., Zhai P., Zhang X., Kitching S., 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 118 (5), pp. 2098-2118
- [5]. Donat M.G. and Alexander L.V., 2012. The shifting probability distribution of global daytime and night-time temperatures. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 39, L14707, doi:10.1029/2012GL052459, pp. 1-5.
- [6]. Elrayah A. S., Sekele S. S., Srivastava A. K., Trewin B., Villarreal C., Vincent L. A., Zhai P., Zhang X., and Kitching S., 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, pp. 2098-2118.
- [7]. Frich, P., Alexander, L., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A., and Peterson, T., 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century. *Climate Research*, 19; pp. 193–212.
- [8]. Hulme, M., Doherty, R., Ngara, T., New, M., et Lister, D. (2001). African
- [9]. climate change: 1900-2100. *Clim Res*, Vol. 17(2), pp. 145-168. Klein Tank, A.M.G. and Konnen, G.P., 2003. Trends and indices of daily Temperature and Precipitation extreme in Europe, 1946-1999. *Journal of climate*, 15, pp. 3665-3680.
- [10]. ONERC, 2018. Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. Rapport de l'ONERC au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2018 ; pp. 200.
- [11]. Rusticucci, M. and Barrucand, M., 2004. Observed trends and changes in Temperature Extreme over Argentina. *Journal of climate* 17, pp. 4099-4107.
- [12]. Sillmann, J. and Roeckner, E., 2008. Indices of extreme events in projections of anthropogenic climate change. *Climatic change* n°86, pp. 83-104.
- [13]. Trambly Y., Ruelland D., Somot S., Bouaicha R., and Servat E., 2013. High-resolution Med-CORDEX regional climate model simulations for hydrological impact studies: a first evaluation of the ALADIN-Climate model in Morocco. In *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, pp. 3721–3739.
- [14]. Zhang X., Yang F., 2004. RclimDex (1.0). User Manual. Climate Research Branch Environment, Downsview (ON), Canada; 23 p.

Moussa ADAMOU, et al. "Etude des caractéristiques des indices des extrêmes de température sur les côtes du Togo et du Bénin dans le golfe du Bénin." *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, Vol. 11(04), 2022, PP 63-71. Journal DOI- 10.35629/6734