

## **Analyse des extrêmes de températures de la région de la Marahoué (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) de 1980 - 2013**

**Assa Fabrice YAPI<sup>1\*</sup>, Oulai Jean-Gautier KPAN<sup>1</sup>, Bi Vami Hermann N'GUESSAN<sup>2,3</sup>,  
Fabrice Blanchard ALLECHY<sup>2</sup> et Yeï Marie Solange OGA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Université PELEFERO GON COULIBALY, UFR des Sciences Biologiques, Département des Géosciences,  
BP 1328 Korhogo, Korhogo, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup> *Université FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire  
des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), 22 BP 582 Abidjan 22, Cocody-Abidjan,  
Côte d'Ivoire*

<sup>3</sup> *Université FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY, Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection  
(CURAT), 22 BP 801 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 04 Juillet 2024 ; Accepté le 16 Décembre 2024)

---

\* Correspondance, courriel : [yapiassaf@upgc.edu.ci](mailto:yapiassaf@upgc.edu.ci)

### **Résumé**

Les températures extrêmes constituent une menace pour un certain nombre de secteurs dans les pays en développement comme la Côte d'Ivoire. La présente étude analyse les tendances des extrêmes de températures de la région de la Marahoué sur la chronique de 1980 à 2013. La méthodologie appliquée est celle des indices climatiques. Les données climatiques journalières utilisées sont les températures maximales, températures minimales et pluies. Ces données ont été traitées à l'aide du programme ClimPACT2 Master qui a servi au calcul des indices de températures extrêmes. Les résultats montrent que les séquences chaudes ont augmenté de près de 8 jours en moyenne par an dans la région sur toute la période d'étude. Les jours chauds ont progressivement augmenté de 14,5 %. Quant aux nuits chaudes, elles ont enregistré une hausse de cinq nuits chaque décennie. La région de la Marahoué a observé une variation significative de la température moyenne maximale de 0,76°C. Au cours des trois décennies d'étude, les localités les plus touchées par cette hausse des séquences chaudes sont celles situées au Nord et au Centre de la Marahoué. Il s'agit des localités de Zuénoula, Gohitafla, Kanzra et de Bouaflé.

**Mots-clés :** *variabilité climatique, ClimPACT2 Master, température extrême, Marahoué, Côte d'Ivoire.*

### **Abstract**

**Analysis of temperature extremes in the Marahoué Region (West-Central of Côte d'Ivoire) from 1980 - 2013**

Extreme temperatures pose a threat to a number of sectors in developing countries such as Côte d'Ivoire. The present study analyzes trends in temperature extremes in the Marahoué region over the 1980-2013. The methodology applied is that of climatic indices. The daily climatic data used are maximum temperatures, minimum temperatures and rainfall. These data were processed using the ClimPACT2 Master program, which

was used to calculate extreme temperature indices. The results show that hot sequences have increased by an average of nearly 8 days per year in the region over the entire study period. Warm days gradually increased by 14.5 %. As for warm nights, they increased by five nights each decade. The Marahoué region recorded a significant variation in mean maximum temperature of 0.76°C. Over the three decades of the study, the localities most affected by this increase in hot sequences were those located to the north and center of Marahoué. These are Zuénoula, Gohitafla, Kanzra and Bouaflé.

**Keywords :** *climate variability, ClimPACT2 Master, extreme temperature, Marahoué, Côte d'Ivoire.*

## 1. Introduction

Le réchauffement climatique pourrait entraîner des répercussions de plus en plus importantes sur le cycle hydrologique mondial et la société humaine [1]. En raison des graves conséquences écologiques, sociales et économiques des catastrophes causées par les conditions météorologiques extrêmes, le public s'inquiète beaucoup des phénomènes climatiques extrêmes. C'est dans cette veine que les questions de changements et de variabilités climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politiques dans le monde [2]. Dans les pays en développement, les températures extrêmes constituent une menace pour un certain nombre de secteurs : les écosystèmes, l'agriculture, les transports, les ressources en eau, l'énergie et la santé humaine. Par exemple, une température extrême peut provoquer des dommages thermiques aux écosystèmes [3] ou des maladies cardiovasculaires (par exemple, augmentation de chaleur et baisse de chaleur) ou des coups de chaleur [4, 5] occasionnant la mort de personnes qui n'ont pas accès à la climatisation [6]. Les températures extrêmes peuvent diminuer la production agricole car les rendements des cultures, la production laitière et la reproduction animale diminuent généralement à haute température [4]. Par ailleurs, les températures extrêmes peuvent mettre à rude épreuve la gestion des ressources en eau car elles augmentent l'évaporation et la demande humaine en eau. Il est à craindre qu'à mesure que le monde se réchauffe, les effets des températures extrêmes s'aggravent dans de nombreux pays en développement [7 - 10]. Par conséquent, pour une adaptation efficace au changement climatique et une atténuation de ses effets, il est nécessaire de comprendre comment le réchauffement climatique influence les températures extrêmes dans ces pays. En Côte d'Ivoire, les études sur les températures extrêmes sont encore limitées, et la région de la Marahoué, qui dépend largement de l'agriculture pluviale, reste particulièrement négligée à cet égard. Cette recherche vise à analyser les variations des températures extrêmes observées dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, avec pour objectif principal de comprendre ces changements et d'évaluer leurs effets socio-économiques afin de mieux les atténuer. L'étude se concentre sur l'analyse et la cartographie des tendances des indices de températures extrêmes dans la région de la Marahoué, mettant en évidence les localités les plus touchées. Il est essentiel de comprendre les changements de températures extrêmes dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, car ces connaissances sont cruciales pour évaluer et atténuer les impacts socio-économiques de ce fléau dans le pays. Cette étude examine les tendances des indices de températures extrêmes sur des échelles de temps annuelles et saisonnières dans la Marahoué.

### • *Présentation de la zone d'étude*

La région de la Marahoué, zone de transition entre forêt et savane, est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 5°15' et 6°30' Ouest et les latitudes 6°00 et 8°00 Nord (*Figure 1*). Elle couvre une superficie de 9 092,48 km<sup>2</sup> et Bouaflé est le chef-lieu de région. Le climat est de type Baouléen et caractérisé par quatre saisons subdivisées comme suit : une grande saison sèche (de décembre à fin février), une grande saison de pluie (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison de pluie (de septembre à novembre) [11].

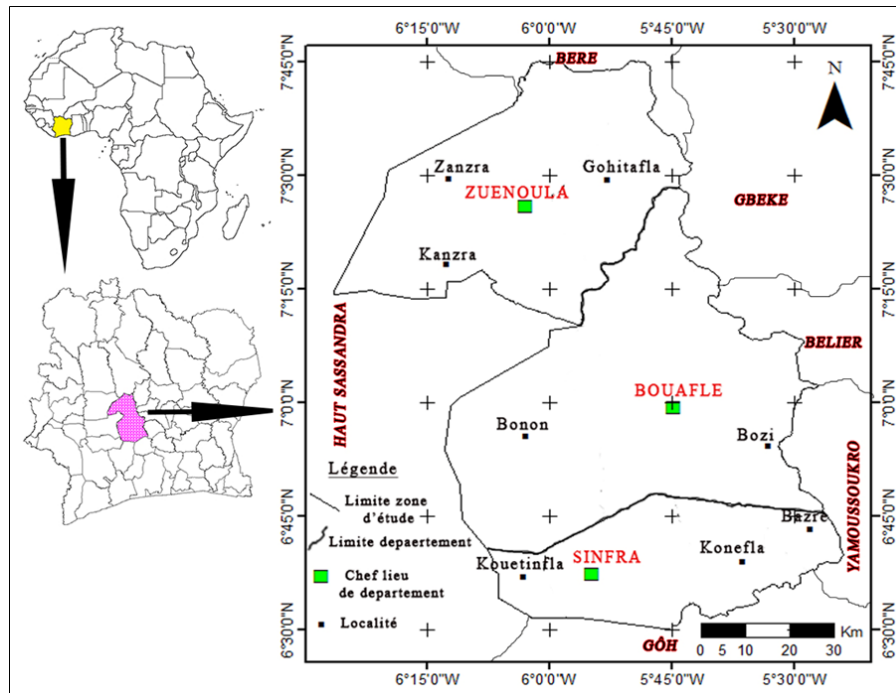


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériel

Les données de températures maximales et minimales journalières utilisées dans le cadre de la présente étude proviennent du centre de réanalyse du système de prévision climatique ou Climate Prediction System Reanalysis Centre (CFSR) qui fournit facilement, pour tout coordonné sur le globe, un ensemble de données climatiques adapté au SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Ces données ont été utilisées et validées par un bon nombre d'auteurs [12 - 16]. Le choix de ces données repose sur leur large usage, leur disponibilité et le pas de temps journalier. Les logiciels utilisés sont de plusieurs types :

- XLSTAT 2010 a servi au rangement et au traitement statistique des données de températures ;
- Programmes informatiques RH\_test pour le test d'homogénéité des données utilisées ;
- ClimPACT 2 Master pour le calcul des indices de températures extrêmes basés sur les percentiles au pas de temps journalier.
- ArcGIS 10.8 pour la cartographie des indices de températures extrêmes

Ces programmes sont accessibles à partir du site web de Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI). ClimPACT 2 Master, qui fonctionne sous l'environnement du logiciel R, est un programme informatique dédié aux études climatiques, élaboré et recommandé par l'OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie).

### 2-2. Méthode du calcul des indices climatiques

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude pour analyser les événements de températures extrêmes est basée sur la méthode des indices climatiques [17–22] proposée par l'équipe d'experts sur la détection des changements climatiques et les indices. (ETCCDMI). Le groupe d'experts sur la détection des

changements climatiques et les indices (ETCCDI : Expert Team on Climate Change Detection and Indices) a défini 27 indices dont 16 pour caractériser les températures extrêmes et 11 dédiés aux précipitations extrêmes. Ces indices décrivent les caractéristiques particulières des températures extrêmes, y compris la fréquence, l'amplitude et la persistance des événements de températures [23]. Ces derniers peuvent être regroupés en quatre grandes catégories :

- Indices basés sur les percentiles : - Occurrence des nuits froides (TN10p) ; - Présence de jours froids (TX10p) ; - Présence des nuits chaudes (TN90p) ; - Présence de jours chauds (TX90p).
- Indices absolus représentant les valeurs maximum ou minimum dans une saison ou une année : Température maximale la plus élevée (TX) ; Température minimale la plus basse (TN).
- Indices de durée : Les indices de durée sont des périodes de chaleur ou de froid ou d'humidité ou de sécheresse excessive, ou de longueur de la saison de pluies. Il s'agit des séquences froides (CSDI) et des séquences chaudes (WSDI).
- Autres indices : il s'agit de l'Amplitude Thermique Diurne (DTR) qui est la différence entre la température maximale et la température minimale d'un jour.

Le calcul des indices climatiques se déroule en de trois étapes, à savoir :

- Contrôle de la qualité (QC) des données utilisées ;
- Test d'Homogénéité des données utilisées ;
- Calcul des indices climatiques.

Avant le calcul des indices, la qualité des données est contrôlée et l'homogénéité des données testée.

### ***2-2-1. Contrôle de la qualité (QC) des données***

La procédure de contrôle qualité des données suit le principe suivant : les valeurs températures manquantes sont remplacées par la valeur -9,99 qui correspond à l'indication d'une donnée manquante [24]. Le pourcentage des données manquantes est également vérifié lors de cette étape car il doit être inférieur à 25 %, condition nécessaire pour que le programme informatique calcul des indices.

### ***2-2-2. Test d'Homogénéité des données utilisées***

L'homogénéité des données est vérifiée à l'aide d'un programme informatique RHtest développé par le Service Météorologique du Canada [25] et implémenté sous l'environnement du logiciel de statistique et de programmation R. Cette procédure est basée sur un modèle de double régression [26].

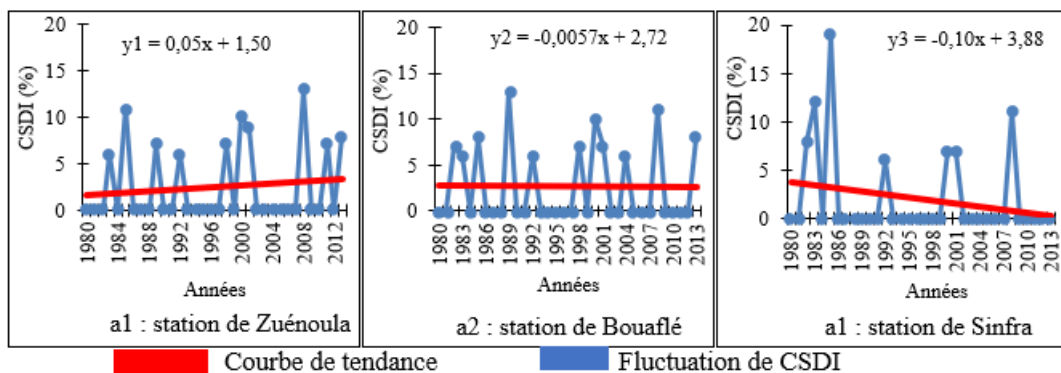
### ***2-2-3. Calcul des indices climatiques***

Après avoir contrôlé la qualité et testé l'homogénéité des données, les indices climatiques sont calculés. La validation des valeurs des indices calculés suit les critères suivants : l'erreur d'estimation de la pente de la droite résultant de la régression linéaire doit être inférieure à la valeur estimée de la pente et la P-value résultant du test de significativité associé doit être inférieure à 0,05 (P-value < 0,05). Ainsi la tendance obtenue est statistiquement significative avec un seuil de confiance de 95 % [24]. La méthode du seuillage par percentile de 10 % et de 90 % a été appliquée pour mettre en évidence les températures froides et les températures chaudes dans la région de la Marahoué.

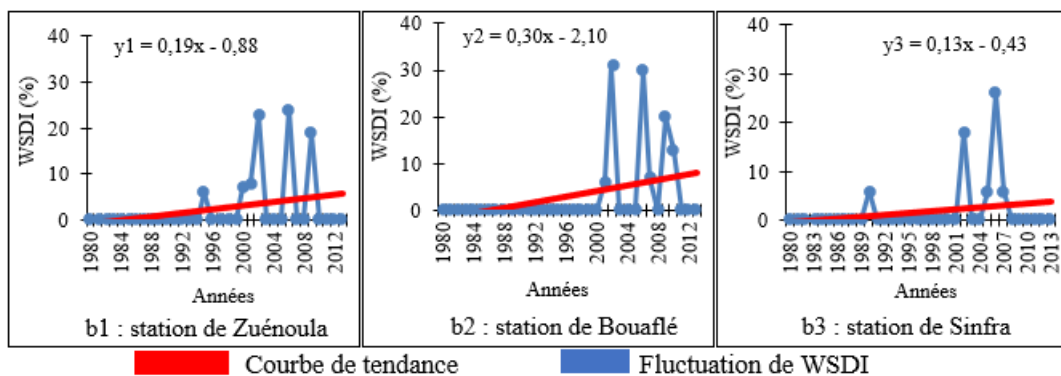
### 3. Résultats sur les températures extrêmes de la Marahoué

#### 3-1. Analyse des indices de durée des séquences froides (CSDI) et chaudes (WSDI)

La **Figure 2** illustre les fluctuations des séquences froides (CSDI) et chaudes (WSDI) dans la région de la Marahoué. À Zuénoula, la tendance des séquences froides est positive avec un coefficient de 0,5 % par décennie soit une hausse de 1,8 jour dans l'année par décennie des séquences froides. Cette tendance est cependant négative avec un coefficient de -0,057 % à Bouaflé soit une légère baisse de 0,21 jour de séquences froides ; quant à Sinfra, les séquences froides baissent de -1 % c'est-à-dire de 3,65 jours dans l'année par décennie (**Figures 2a**). Les séquences chaudes augmentent par décennie avec un coefficient de 1,9 % à la station de Zuénoula soit une hausse de 7 jours de séquences chaudes par an et par décennie, 3 % à la station de Bouaflé ou une hausse de 11 jours de séquences chaudes et 1,3 % à la station de Sinfra soit une augmentation de 5 jours de séquences chaudes (**Figures 2b**).



**Figure 2a : Évolution de l'indice CSDI (1980 - 2013)**



**Figure 2b : Évolution de l'indice WSDI (1980 - 2013)**

L'évolution spatio-temporelle de l'indice CSDI dans la région est illustrée à la figure 3. Pendant la décennie 1984-1993, les localités de Kanzra, Bonon et de Kouetinfla (**Figure 3**) ont enregistré les plus faibles séquences froides. Au cours de la décennie 1994-2003, les localités situées à l'Est de la région ont observé les séquences froides les plus fortes. Pendant la décennie 2004-2013 ce sont celles de Bonon, Kouetinfla et Sinfra qui ont enregistré les plus faibles fréquences (**Figure 3**).

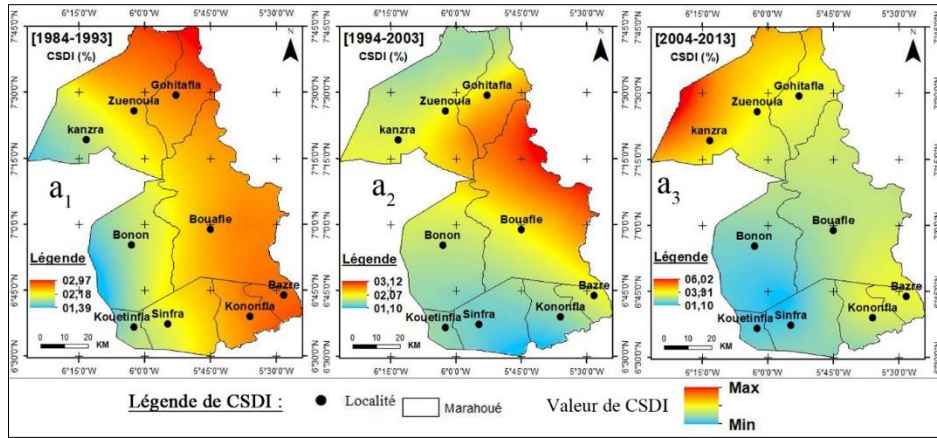


Figure 3 : Évolution spatio-temporelle de l'indice CSDI

### 3-2. Analyse des indices extrêmes de températures basés sur les percentiles

#### 3-2-1. Indices de Jours froids (Tx10P) et chauds (Tx90P)

L'indice Tx10P met en évidence l'évolution en pourcentage de jours froids et l'indice Tx90P, le pourcentage de jours chauds. La figure 4 met en évidence la baisse progressive du pourcentage de jours froids et une hausse des jours chauds dans la région de la Marahoué avec une tendance significative (P-value = 0). Les jours froids évoluent avec un coefficient directeur de -0,45 % jour/an à Zuénoula, -0,37 % de jours/an à Bouaflé et -0,38 % jours/année à Sinfra (Figures 4a). Les pourcentages de jours chauds augmentent progressivement dans la région. Les coefficients directeurs des courbes linéaires de tendance sont tous positifs avec un rythme de 0,71%jours, 0,72%jours et 0,57%jours par an respectivement à Zuénoula, Bouaflé et Sinfra sur les 34 années d'observation (Figures 4b). De 1980 à 2010, la fréquence des jours froids a baissé progressivement, mais un léger regain des jours froids est observé après l'année 2010 dans la région de la Marahoué.

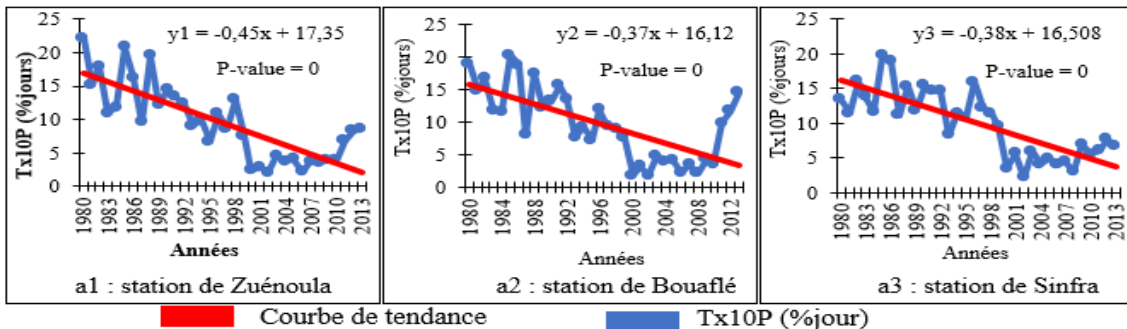


Figure 4a : Variation annuelle de l'indice Tx10P (1980 - 2013)

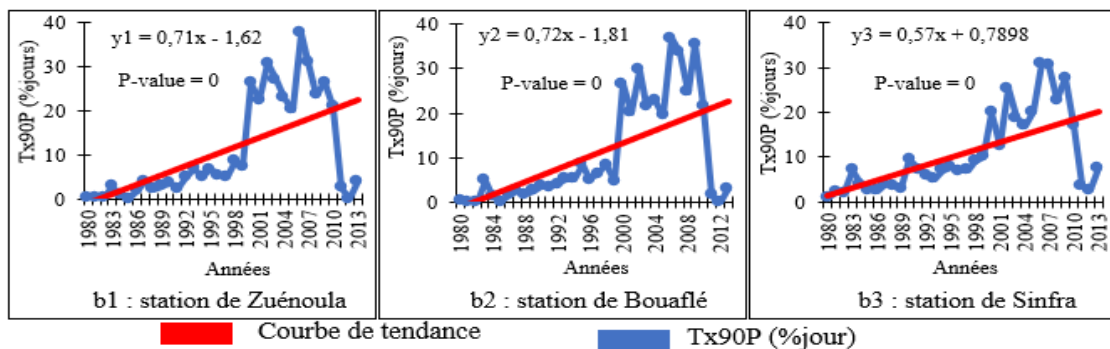


Figure 4b : Variation annuelle de l'indice Tx90P (b) (1980 - 2013)



La **Figure 5** met en évidence l'évolution spatio-temporelle du pourcentage de jours froids dans la région. Au cours de la première décennie de 1984-1993, le pourcentage de jours froids a varié entre 13,77%jours et 14,86%jours avec une moyenne de 14,22%jours. En cette période presque toute la zone d'étude a enregistré des pourcentages très élevés de jours froids. Cependant, les plus faibles valeurs sont observées au Sud de la région (**Figure 5**). Durant la deuxième décennie de 1994-2003, le pourcentage de jours froids a varié entre 06,32%jours et 09,35%jours avec une moyenne de 07,45%jours. Les pourcentages de jours froids les plus élevés sont enregistrés au Nord de la zone d'étude dans les localités de Kanzra, Zuénoula et Gohitafla, tandis que les plus faibles pourcentages sont enregistrés au Centre et au Sud (**Figure 5**). Au cours de la décennie 2004 - 2013, le pourcentage de jours froids observé est très faible et varie entre 4,38%jours et 5,93%jours pour une moyenne de 5,15%jours. Presque toute la région a observé ces faibles fréquences hormis les localités situées au Centre qui présentent les plus forts taux (**Figure 5**). L'évolution spatio-temporelle du pourcentage de jours chauds dans la région de la Marahoué est illustrée par la figure 6. Au cours de la décennie 1984-1993, les pourcentages de jours chauds les plus élevés sont localisés dans le Sud (**Figure 6**). Concernant la décennie 1994-2003, le Nord de la région a enregistré les pourcentages les plus élevés (**Figure 6**). Dans la décennie 2004 - 2013, les zones les plus chaudes sont localisées au Centre notamment les localités de Bouaflé et de Bonon (**Figure 6**).

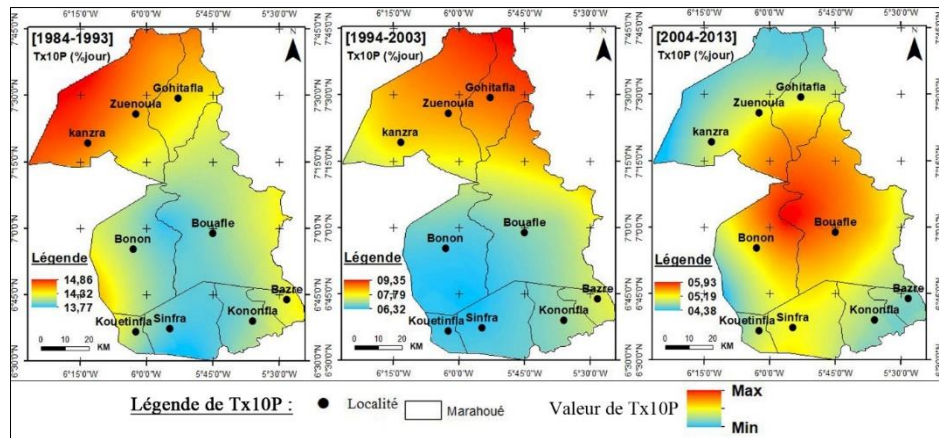


Figure 5 : Évolution spatio-temporelle de l'indice Tx10P

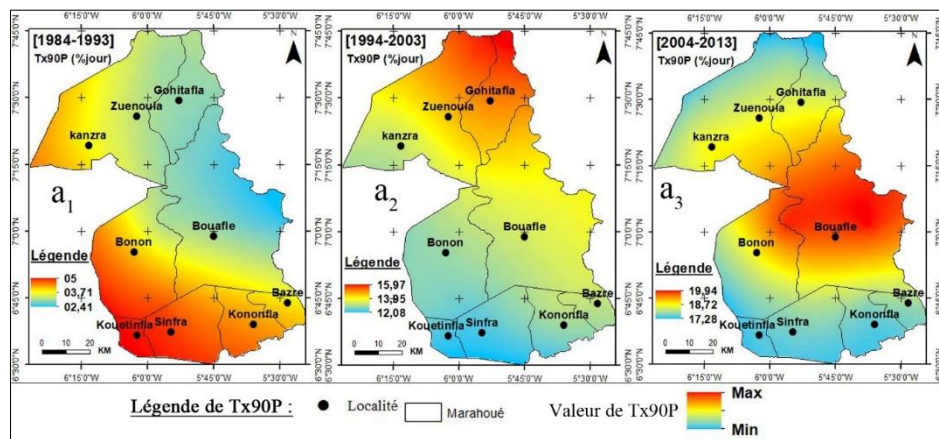
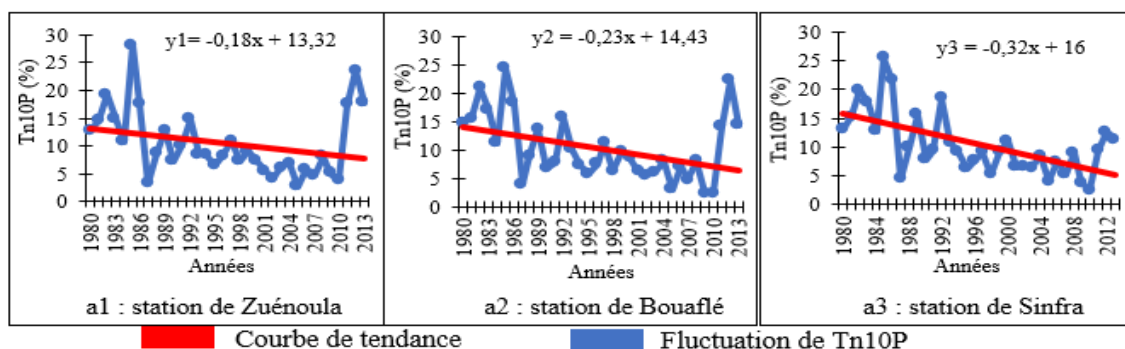


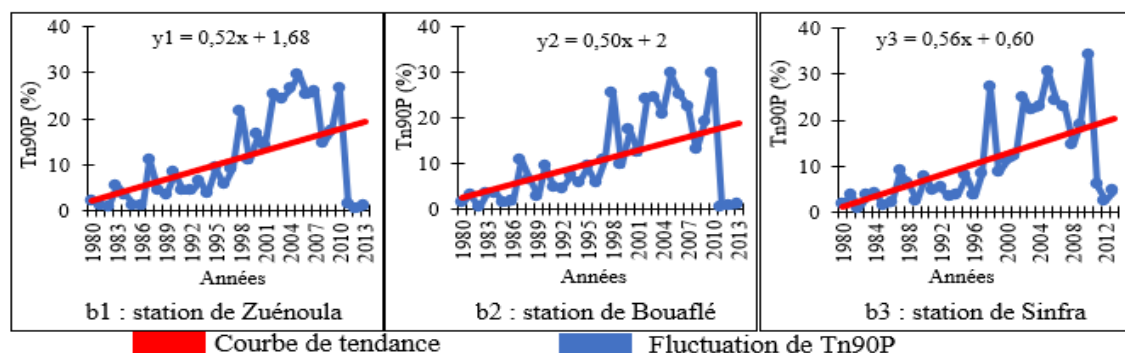
Figure 6 : Évolution spatio-temporelle de l'indice Tx90P

### 3-2-2. Indices des nuits froides (Tn10p) et chaudes (Tn90p)

L'indice Tn10p représente le pourcentage des nuits où la température est supérieure au 10<sup>ème</sup> percentile, c'est-à-dire les nuits froides. La figure 7 illustre l'évolution des nuits froides dans la région de la Marahoué. Suivant l'allure de la courbe de tendance, les nuits froides ont progressivement diminué dans la région avec une pente de -0,18 % nuits/an à Zuénoula soit 1,8 nuits par décennie, -0,23% nuits/an à Bouaflé soit une baisse de deux (02) nuits par décennie (**Figures 7a**). À la station de Sinfra, cette baisse est traduite par un coefficient de -0,32% nuits/an soit une baisse de trois (03) nuits par décennie. Cependant, les fréquences des nuits chaudes (Tn90p) augmentent progressivement dans la Marahoué, c'est-à-dire que la température de chaque nuit devient de plus en plus chaude dans la région. L'évolution a suivi une pente de 0,52 % par an à Zuénoula, 0,50 % par an à Bouaflé et 0,56 % par an à Sinfra (**Figures 7b**). Les nuits relativement chaudes ont augmenté d'environ cinq (05) nuits chaque décennie dans la région de la Marahoué.



**Figure 7a :** Variation de l'indice de nuits froides (Tn10p) (1980 - 2013)



**Figure 7b :** Variation de l'indice de nuits chaudes Tn90p (1980 - 2013)

L'évolution spatio-temporelle de la fréquence des nuits froides dans la région de la Marahoué, est présentée à la **Figure 8**. Au cours de la période de 1984 à 1993, les localités de Bonon, Kouetinfla et de Sinfra ont observé les pourcentages des nuits froides les plus élevés (**Figure 8**). Dans la décennie de 1994 - 2003, les nuits les moins froides sont enregistrées au Nord de la région (**Figure 8**). Durant la décennie de 2004 à 2013, les faibles fréquences de nuits froides sont observées dans le Sud de la région. Cependant, les pourcentages des nuits les plus froides sont enregistrés dans le Nord plus précisément dans l'extrême Nord-Ouest de la région de la Marahoué (**Figure 8**). La **Figure 9** met en évidence la variation spatio-temporelle des nuits chaudes dans la Marahoué. Durant la décennie de 1984 - 2003, les localités du Nord ont enregistré les plus faibles fréquences de nuits chaudes (**Figure 9**). Au cours de la deuxième décennie de 1994 - 2003, ces faibles fréquences ont toujours été observées dans l'extrême Nord de la Marahoué (**Figure 9**). Cependant, au cours de la dernière décennie 2004-2013 les localités situées au Nord de la région ont enregistré les plus fortes fréquences de nuits chaudes (**Figure 9**).



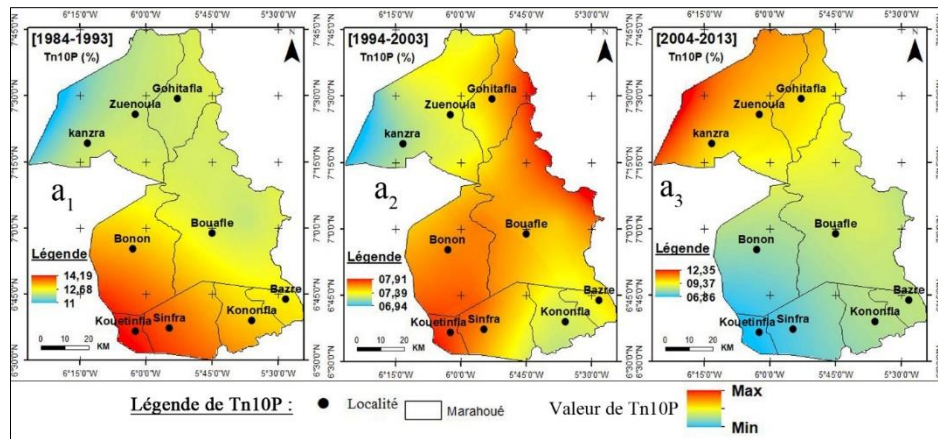


Figure 8 : Évolution spatio-temporelle de l'indice Tn10P

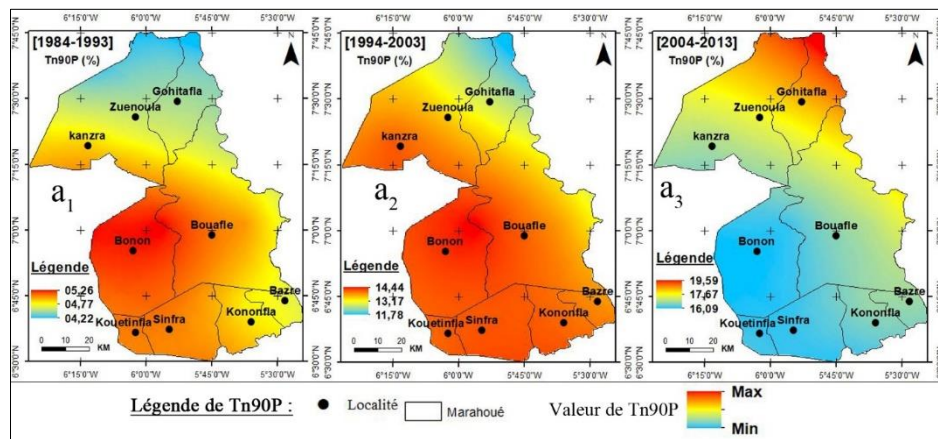


Figure 9 : Évolution spatio-temporelle de l'indice Tn90P

### 3-3. Analyses des indices de température moyenne maximale (TX) et de température moyenne minimale (TN)

Les variations des indices de température moyenne maximale (TX) et de température moyenne minimale (TN) sont très significatives dans la région de la Marahoué (Figure 10a et 10b). L'allure des courbes de tendance illustre une hausse progressive de la température moyenne maximale de la région avec un coefficient décennal de 0,85°C à Zuénoula, 0,80 °C à Bouaflé et 0,64°C à Sinfra (Figures 10a). À partir de l'année 2010 jusqu'à 2013, une baisse de la température moyenne maximale quotidienne est observée dans la Marahoué. Une tendance à la hausse est observée sur toute la région avec 0,18°C par décennie à Zuénoula, 0,20°C par décennie à Bouaflé et 0,24°C par décennie à Sinfra. Au cours de l'année 1986, la région de la Marahoué a enregistré les moyennes minimales quotidiennes les plus basses avec 20,41°C à Zuénoula, 20,43°C à Bouaflé et 20,13°C à Sinfra (Figures 10b). Durant la période de 1987 à 2010, les températures moyennes minimales quotidiennes sont toutes supérieures à 21°C. L'analyse de la figure a permis de constater que les extrêmes de la température ont augmenté dans la région de la Marahoué.

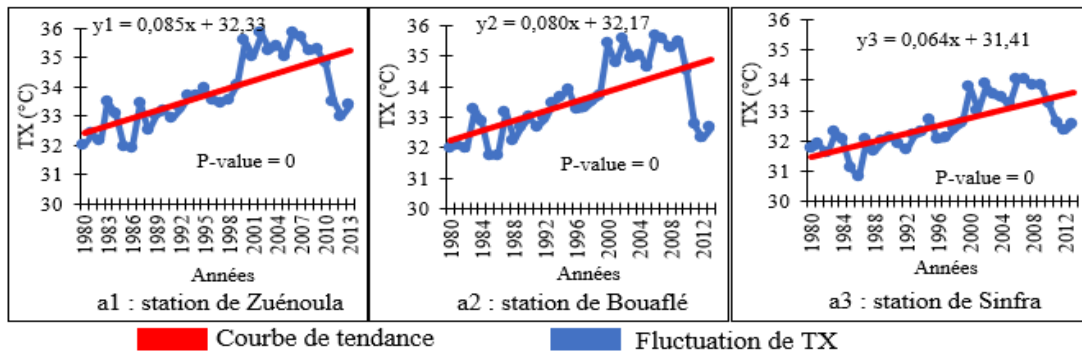


Figure 10a : Variation de la température moyenne maximale (TX)

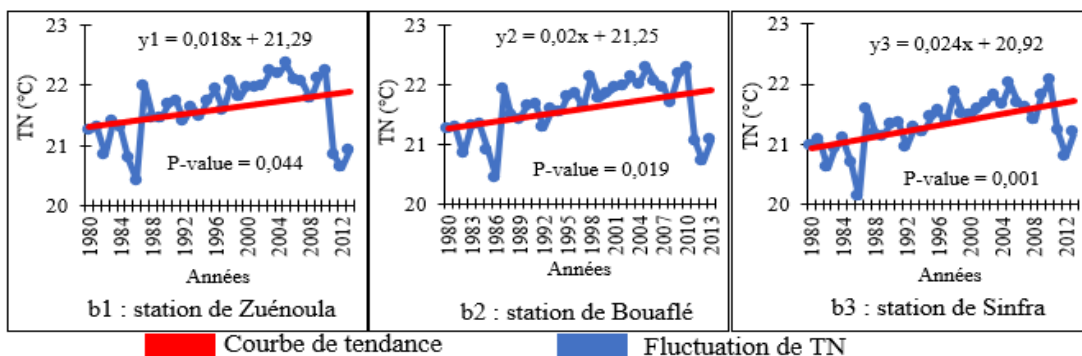


Figure 10b : Variation de la température moyenne minimale (TN)

La **Figure 11** illustre l'évolution spatio-temporelle de la température moyenne maximale quotidienne dans la région de la Marahoué. Au cours des trois décennies, les températures moyennes quotidiennes les plus élevées ont été enregistrées dans les localités situées au Nord et au Centre de la Marahoué. Il s'agit des localités de Zuénoula, Gohitafla, Kanzra et de Bouaflé. Cependant les plus basses de ces températures maximales ont été observées au Sud dans les localités de Kouetinfla et de Sinfra. L'évaluation spatio-temporelle des températures moyennes minimales au cours de la première et la deuxième décennie montre que les localités situées à l'extrême ouest de la région ont observé les plus faibles températures moyennes minimales de ces périodes (**Figure 12**). Il s'agit de Kanzra, Bonon et de Kouetinfla. Au cours de la décennie 2004-2013, presque toute la région a observé de fortes températures moyennes minimales quotidiennes à l'exception de la localité de Kanzra qui a toujours enregistré les plus faibles de ces températures.

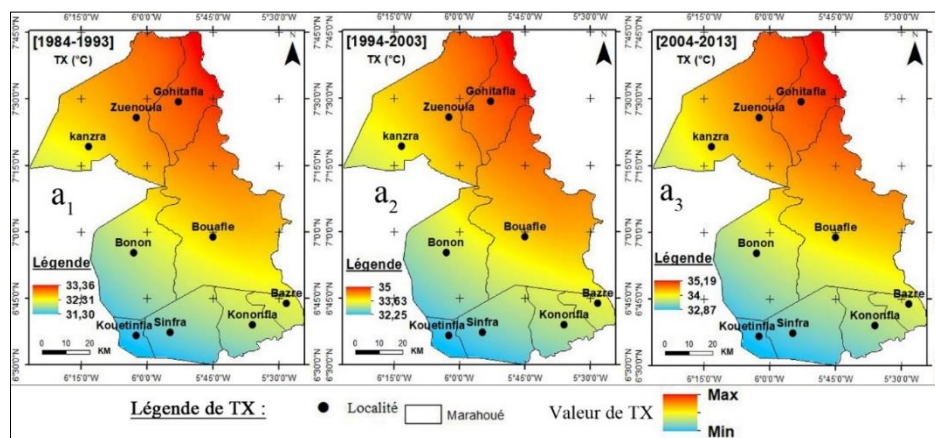


Figure 11 : Évolution spatio-temporelle de l'indice TX

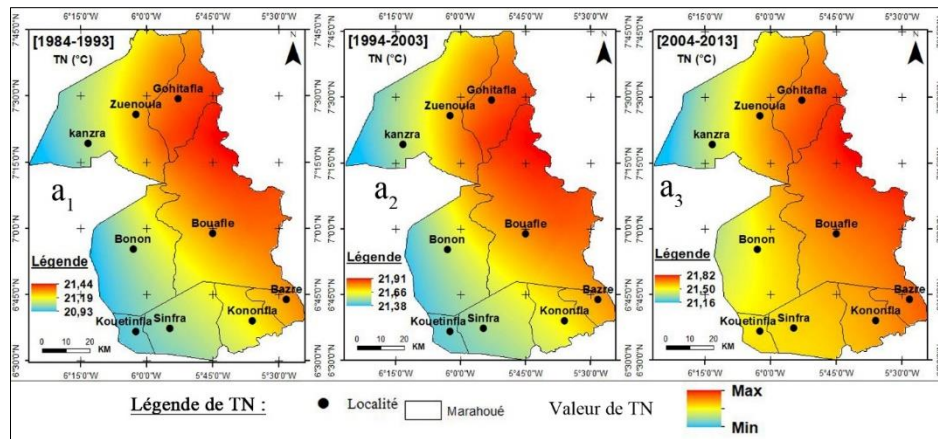


Figure 12 : Évolution spatio-temporelle de l'indice TN

## 4. Discussion

### 4-1. Données climatiques et modèle ClimPact2 Master

Les données climatiques journalières utilisées pour cette étude ont été par plusieurs hauteurs dans leurs travaux afin de mettre en évidence les caractéristiques de certains paramètres climatiques [27, 28]. Le programme *ClimPACT2 master* qui a permis le calcul des indices de températures extrêmes a été également utilisé par bon nombre d'auteurs pour calculer les indices hydroclimatiques tels que les indices de températures extrêmes. Ainsi, [29] ont utilisé *ClimPACT2 master* dans leur étude sur la tendance quotidienne des températures extrêmes dans trois éco-environnements différents en Éthiopie (1967-2008). Également [30] ont mis en évidence les tendances spatiales et temporelles des températures extrêmes en Inde de 1971 à 2005 à partir du même programme. La méthodologie de calcul des indices climatiques appliquée dans cette étude a permis de mettre en évidence les tendances des indices de températures extrêmes dans la Marahoué. [22] ont appliqué cette méthode en vue d'analyser l'évolution des caractéristiques pluviométriques à savoir la quantité, la fréquence et la répartition spatiale, à travers des indices pluviométriques dans le district d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire).

### 4-2. Les indices extrêmes de températures

Les résultats montrent que les pourcentages de jours froids baissent progressivement dans la région avec un rythme de  $-0,45\%$  par jour/an à Zuénoula,  $-0,37\%$  de jours/an à Bouaflé et  $-0,38\%$  jours/année à Sinfra. À l'opposé, les pourcentages des jours chauds augmentent progressivement avec un coefficient de  $0,71\%$  de jour/an à Zuénoula, de  $0,72\%$  jour/an à Bouaflé et  $0,57\%$  jour/an à Sinfra. Les nuits froides ont aussi baissé avec une pente de  $-0,18\%$  nuits/an à Zuénoula, de  $-0,23\%$  nuits/an à Bouaflé et de  $-0,32\%$  nuits/an à Sinfra. En conséquence, les nuits chaudes ont augmenté d'environ cinq (05) nuits chaque décennie dans la région de la Marahoué. Ces résultats sont conformes avec ceux de [31]. Cet auteur a utilisé le programme *RclimDEX* et a montré que le nombre de jours froids et nuits froides ont baissé dans la région du Gôh (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). La baisse de fréquence des conditions de fraîcheur a été signalée par d'autres auteurs tels que [32, 33]. Leurs travaux soulignent que l'augmentation globale des températures se répercute aussi sur les fréquences des conditions de chaleur. [34] ont trouvé dans leurs études sur l'évolution des températures au Burkina Faso que les journées et nuits froides ont progressivement baissé sur la période 1956 - 2015. Cependant ces derniers ont trouvé que les journées et nuits chaudes ont également baissé de fréquence. La

diminution des nuits et des journées chaudes est assez surprenante. En effet, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest [32, 35 - 38], les études ont montré que les extrêmes chauds sont à la hausse.[39] ont également observé une augmentation des jours chauds (TX90p) et les nuits chaudes (TN90p) à Brazzaville et à Pointe-Noire (République du Congo) en utilisant le modèle ClimPACT2 Master. Ils y ont enregistré une baisse des nuits relativement fraîches (TN10p) et des jours relativement froids (TX10p).[40] a également observé des tendances à la baisse -0.67 jours par décennie des jours froids. Cet auteur a cependant enregistré une augmentation au-dessus de la moyenne et à long terme de l'occurrence des nuits chaudes (TN90p) dans la région d'Oran en Algérie.

## 5. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'examiner et de cartographier les tendances des indices de températures extrêmes de la région de la Marahoué afin monter les différentes localités affectées par ce fléau. Les données de pluies et de températures maximales et minimales journalières utilisées dans le cadre de ce travail proviennent du centre de réanalyse de prévision climatique (CFSR) sur la chronique de 1980 à 2013. La méthodologie appliquée est celle des indices climatiques à partir du modèle *ClmiPACTS2 Master*. Les résultats ont montré que dans la région, les jours chauds ont significativement augmenté avec une moyenne de 0,66%jours par an et les nuits chaudes avec une moyenne de 0,53%jours par an. Cette augmentation de température extrême observée un peu partout dans la région durant toute la chronique d'étude, pourrait avoir des impacts négatifs sur l'agriculture, sur les ressources en eau et sur la santé de la population de la région. Les pourcentages des indices de jours et de nuits froids observés dans la région y ont diminué de manière progressive avec une moyenne de -0,40%jours par an pour les jours froids et -0,24%jours par an pour les nuits froides.

## Références

- [1] - RK. PACHAURI, A. REISINGER, Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse [Internet]. GIEC, (2008) [cité 20 mai 2024]
- [2] - AM. KOUASSI, KF. KOUAME, BTA. GOULA, T. LASM, JE. PATUREL et J. BIEMI, Influence de la variabilité climatique et de la modification de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Rev Ivoir Des Sci Technol.*, 11 (2008) 207 - 29
- [3] - GA. MEEHL, F. ZWIERS, J. EVANS, T. KNUTSON, L. MEARNNS et P. WHETTON, Trends in extreme weather and climate events : issues related to modeling extremes in projections of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81 (3) (2000) 427 - 36
- [4] - EM. KILBOURNE, Heat waves and hot environments. The public health consequences of disasters, 245 (1997) 269
- [5] - RS. KOVATS et S. HAJAT, Heat Stress and Public Health : A Critical Review. *Annu Rev Public Health*, 29 (1) (1 avr 2008) 41 - 55
- [6] - SA. CHANGNON, KE. KUNKEL et BC. REINKE, Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action. *Bulletin of the American Meteorological society*, 77 (7) (1996) 1497 - 506
- [7] - BJ. ABIODUN, KA. LAWAL, AT. SALAMI et AA. ABATAN, Potential influences of global warming on future climate and extreme events in Nigeria. *Reg Environ Change*, 13 (3) (juin 2013) 477 - 91
- [8] - JH. CHRISTENSEN, F. BOBERG, OB. CHRISTENSEN et P. LUCAS-PICHER, On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and precipitation. *Geophysical Research Letters*, 35 (20) (oct 2008) 2008GL035694



- [9] - M. COLLINS, R. KNUTTI, J. ARBLASTER, JL. DUFRESNE, T. FICHEFET, P. FRIEDLINGSTEIN et al. Long-term climate change : projections, commitments and irreversibility, (2013) [cité 20 mai 2024]; Disponible sur : <https://pure.iiasa.ac.at/10551/>
- [10] - GA. MEEHL, C. COVEY, T. DELWORTH, M. LATIF, B. MCAVANEY, JF. MITCHELL et al., The WCRP CMIP3 multimodel dataset : A new era in climate change research. *Bulletin of the American meteorological society*, 88 (9) (2007) 1383 - 94
- [11] - GR. IRIE, GE. SORO et BI TAG, Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire) [Performance analysis of few statistical indices to characterize drought conditions in Côte d'Ivoire]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13 (2) (2015) 386
- [12] - KA. ANOH, Apport d'un SIG et du modèle agro-hydrologique SWAT dans la gestion durable des ressources en eaux du bassin versant du lac de Taabo (Centre de la Côte d'Ivoire) [PhD Thesis]. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Abidjan), (2014) 218 p.
- [13] - J. BARRON, J. ROCKSTRÖM, F. GICHUKI et N. HATIBU, Dry spell analysis and maize yields for two semi-arid locations in east Africa. *Agricultural and forest meteorology*, 117 (1-2) (2003) 23 - 37
- [14] - S. FROIDUROT et A. DIEDHIOU, Characteristics of wet and dry spells in the West African monsoon system. *Atmospheric Science Letters*, 18 (3) (mars 2017) 125 - 31
- [15] - TJJ. KOUA, JP. JOURDA, KJ. KOUAME et KA. ANOH, Assessment of Sediment and Pollutants in Buyo Lake, Ivory Coast, Using SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Model. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7 (11) (2013) 1054
- [16] - Y. SELESHI et P. CAMBERLIN, Recent changes in dry spell and extreme rainfall events in Ethiopia. *Theor Appl Climatol*, 83 (1-4) (janv 2006) 181 - 91
- [17] - E. AGUILAR, A. AZIZ BARRY, M. BRUNET, L. EKANG, A. FERNANDES, M. MASSOUKINA et al., Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955-2006. *J Geophys Res.*, 114 (D2) (27 janv 2009) 2008JD011010
- [18] - MR. HAYLOCK, TC. PETERSON, LM. ALVES, T. AMBRIZZI, YMT. ANUNCIAÇÃO, J. BÁEZ et al., Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of climate*, 19 (8) (2006) 1490 - 512
- [19] - YC. HOUNTONDJI, F. DE LONGUEVILLE et P. OZER, Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa), 1960-2000. In: 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change [Internet], (2011) [cité 20 mai 2024]. Disponible sur : <https://orbi.uliege.be/handle/2268/96112>
- [20] - MJ. MANTON, PM. DELLA-MARTA, MR. HAYLOCK, KJ. HENNESSY, N. NICHOLLS, LE. CHAMBERS et al., Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific : 1961–1998. *Intl Journal of Climatology*, 21 (3) (15 mars 2001) 269 - 84
- [21] - M. NEW, B. HEWITSON, DB. STEPHENSON, A. TSIGA, A. KRUGER, A. MANHIQUE et al., Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa. *J Geophys Res.*, 111 (D14) (27 juill 2006) 2005JD006289
- [22] - HBV. N'GUESSAN, D. ARONA, T. ADJAKPA, BH. KOUADIO, B. KONE, K. KOUAME et al., Apport de la télédétection à l'analyse spatio-temporelle de l'évolution des extrêmes pluviométriques dans le district d'abidjan au sud de la cote d'ivoire. *Mélanges en hommages aux Professeurs Houssou CS, Houndagba CJ Thomas*, 3 (2015) 364 - 78
- [23] - K. TAÏBI, AD. DEL CAMPO, A. AGUADO et JM. MULET, Early establishment response of different *Pinus nigra* ssp. *salzmanii* seed sources on contrasting environments : Implications for future reforestation programs and assisted population migration. *Journal of Environmental Management*, 171 (2016) 184 - 94
- [24] - S. SENSOY, N. TÜRKOĞLU, A. AKÇAKAYA, M. EKICI, M. DEMIRCAN, Y. ULUPINAR et al., Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. In: 6th Atmospheric science symposium [Internet], (2013) 24 - 6 p. [cité 20 mai 2024]



- [25] - X. ZHANG, E. AGUILAR, S. SENSOY, H. MELKONYAN, U. TAGIYEVA et N. AHMED et al., Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *J Geophys Res.*, 110 (D22) (27 nov 2005) 2005JD006181
- [26] - G. WANG et D. SCHIMMEL, Climate Change, Climate Modes, and Climate Impacts. *Annu Rev Environ Resour*, 28 (1) (nov 2003) 1 - 28 p.
- [27] - DR. FUKA, MT. WALTER, C. MACALISTER, AT. DEGAETANO, TS. STEENHUIS et ZM. EASTON, Using the Climate Forecast System Reanalysis as weather input data for watershed models. *Hydrological Processes.*, 28 (22) (30 oct 2014) 5613 - 23
- [28] - JE. STOPA et KF. CHEUNG, Intercomparison of wind and wave data from the ECMWF Reanalysis Interim and the NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Ocean Modelling*, 75 (2014) 65 - 83 p.
- [29] - A. MEKASHA, K. TESFAYE et AJ. DUNCAN, Trends in daily observed temperature and precipitation extremes over three Ethiopian eco-environments. *Intl Journal of Climatology*, 34 (6) (mai 2014) 1990 - 9
- [30] - DK. PANDA, A. MISHRA, A. KUMAR, KG. MANDAL, AK. THAKUR et RC. SRIVASTAVA, Spatiotemporal patterns in the mean and extreme temperature indices of India, 1971–2005. *Intl Journal of Climatology*, 34 (13) (nov 2014) 3585 - 603
- [31] - R. BALLIET, Impacts du changement climatique et de la pression anthropique sur l'environnement naturel et humain de la région du Gôh (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire) : analyse de mesures endogènes d'adaptation [PhD Thesis]. Thèse unique, Université Félix Houphouët Boigny, (2017)
- [32] - V. MORON, B. OUESLATI, B. POHL, S. ROME et S. JANICOT, Trends of mean temperatures and warm extremes in northern tropical Africa (1961–2014) from observed and PPCA-reconstructed time series. *JGR Atmospheres*, 121 (10) (27 mai 2016) 5298 - 319
- [33] - L. MOUHAMED, SB. TRAORE, A. ALHASSANE et B. SARR, Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and climate extremes*, 1 (2013) 19 - 25 p.
- [34] - D. BAMBARA, H. COMPAORE et A. BILGO, Évolution des températures au Burkina Faso entre 1956 et 2015 : cas de Ouagadougou et de Ouahigouya. *Physio-Géo Géographie physique et environnement*, Vol. 12, (2018) 23 - 41 p.
- [35] - F. DE LONGUEVILLE, YC. HOUNTONDI, I. KINDO, F. GEMENNE et P. OZER, Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950-2013): long-term analysis of climate data in Burkina Faso (1950-2013). *Int J Climatol.*, 36 (13) (15 nov 2016) 4393 - 405
- [36] - AM. KOUASSI, KF. KOUAME, YB. KOFFI, KB. DJE, JE. PATUREL et S. OULARE, Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeo : European Journal of Geography [Internet]*, (2010) [cité 20 mai 2024] ; Disponible sur : <https://journals.openedition.org/cybergeo/23388>
- [37] - B. OUESLATI, B. POHL, V. MORON, S. ROME et S. JANICOT, Characterization of heat waves in the Sahel and associated physical mechanisms. *Journal of Climate*, 30 (9) (2017) 3095 - 115
- [38] - J. RINGARD, B. DIEPPOIS, S. ROME, A. DIEDHIOU, T. PELLARIN, A. KONARÉ et al., The intensification of thermal extremes in west Africa. *Global and Planetary Change*, 139 (2016) 66 - 77
- [39] - M. MASSOUANGUI-KIFOUALA, AP. BATCHI MAV et PSL. MALEKE, Tendances des évènements extrêmes de température à Brazzaville et à Pointe-Noire (République du Congo) de 1950 à 2010. | EBSCOhost [Internet], Vol. 11, (2021) 103 p. [cité 21 oct 2024]. Disponible sur : <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:162339936?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:162339936>
- [40] - Ward N. SAHABI ABED SALAH, (2012) [cité 21 oct 2024]; [https://www.academia.edu/download/53544265/Climat\\_Simulation\\_Oran\\_\\_SAHABI.pdf](https://www.academia.edu/download/53544265/Climat_Simulation_Oran__SAHABI.pdf)