

## Analyse des conditions climatiques dans le parcours de la mousson du togo à l'ouest du Niger

Ali Noubou<sup>1, \*</sup>, Lemou Faya<sup>2</sup>, Boukpepsi Tchaa<sup>2</sup>, Lare Lalle Yendoukoa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire LERTESS, Département de Géographie, FLSH, Université Abdou Moumouni de Niamey -Niger

<sup>2</sup>Laboratoire LaRBE, Département de Géographie, Université de Lomé – Togo

### Résumé

*La mousson ouest-africaine est l'élément essentiel du climat de la sous-région. Elle est de plus en plus influencée par des anomalies dans sa durée (arrivée et retrait), dans son humidité ainsi qu'à travers ses précipitations engendrées. Cette étude vise à analyser les particularités des paramètres climatiques de la mousson dans son parcours entre le Togo et le Niger en se basant sur les statistiques de la NASA de 1982 à 2022 et celles des stations météorologiques synoptiques obtenues à l'Agence Nationale de Météorologie du Togo (ANAMET) et à la Direction de la Météorologie du Niger (DMN). Les indices climatiques (précipitations et températures) furent analysés avec Rclimdex. Les tests de Pettitt dans les différentes stations étudiées ainsi que les autres courbes (SPI et tendances des précipitations) ont été réalisées à l'aide de XLSTAT. Les résultats montrent, partout dans les cinq localités, des tendances à la hausse de l'humidité de l'air, des précipitations et des températures. Le test de Pettitt a décelé le changement climatique amorcé à Kantchari ainsi qu'à Dapaong à partir de l'année 2003. Une tendance à la hausse de l'intensité des pluies journalières a été relevée sur la chronique retenue. Cependant cette intensité varie d'une localité à une autre. Ainsi, 60 % des stations présentent une pente supérieure à 0,06. La durée des séquences chaudes a également connu une hausse (TX>90ème) avec des pentes statistiquement significatif (p-value > 90) à l'échelon de toutes les stations sauf au niveau de Kantchari qui affiche une valeur de pente de (-0,093) avec une (p-value) de 0,391.*

**Mots clés :** mousson ouest-africaine, variabilité climatique, Niger, Burkina Faso, Togo

### Analysis of climatic conditions along the monsoon trail from togo to western niger

#### Abstract

*The West African monsoon is the essential element of the sub-region's climate. It is increasingly influenced by anomalies in its duration (onset and withdrawal), its humidity and the rainfall it generates. This study aims to analyze the particularities of the monsoon's climatic parameters in its course between Togo and Niger, based on NASA statistics from 1982 to 2022 and those of synoptic weather stations obtained from Togo's National Meteorological Agency (ANAMET) and the Niger Meteorological Department (DMN). Climatic indices (precipitation and temperature) were analyzed with Rclimdex. Pettitt tests at the various stations studied, as well as other curves (SPI and rainfall trends), were carried out using XLSTAT. The results show increasing trends in humidity, precipitation and temperature at all five locations. The Pettitt test detected the climate change that began in Kantchari and Dapaong in 2003. An upward trend in the intensity of daily rainfall was observed over the selected period. However, this intensity varies from one locality to another. For example, 60% of stations have a slope greater than 0.06. The duration of warm sequences also increased (TX>90th) with statistically significant slopes (p-value > 90) at all stations except Kantchari, which showed a slope value of (-0.093) with a (p-value) of 0.391.*

**Keywords:** West African monsoon, climate variability, Niger, Burkina Faso, Togo

<sup>1</sup> Corresponding author: [nouhougeo@yahoo.de](mailto:nouhougeo@yahoo.de)

## 1. INTRODUCTION

La zone côtière du Togo se situe dans la bande de déficit pluviométrique qu'on observe sur le littoral Ghana-Togo-Bénin [1]. Elle a même souvent servi de repère car elle serait l'un des points les moins arrosés de cette zone littorale. La particularité climatique de cette enclave de relative sécheresse dans le golfe du Bénin reste un sujet auquel plusieurs études se sont intéressées à des échelons divers. En effet, cette partie australe du Togo marquée par l'indigence pluviométrique qui, contraste avec les autres pays situés dans le même espace géographique entre 6 °C et 7 °C de latitude nord domaine du climat subéquatorial est une anomalie, négative [2-3]. A ce contexte d'anomalie climatique négative du littoral togolais, vient s'ajouter le phénomène de dérèglement du climat lié à la dynamique générale de l'atmosphère relevée dans ce couloir de mousson ouest-africaine.

Au Sahel, le climat est marqué par une irrégularité spatio-temporelle des précipitations et une permanence de la chaleur. Dans leur étude, T. Lebel et T. Vischel [4] avaient affirmé que la disponibilité de l'eau sur les terres ouest-africaines varie fortement selon les latitudes, le couvert végétal et le bilan hydrologique. Cette dynamique résulte du gradient de pluie sud-nord qui caractérise cette région de ouest-africaine [5]. Dans ces manifestations climatiques, les totaux annuels et intra-saisonniers des pluies connaissent, d'une année à une autre, une forte variabilité avec des répercussions sur le déroulement normal des activités agricoles [6-7-8]. Dans ces contextes, il s'avère important d'étudier la mousson dans son parcours en partant du Golfe de Guinée, c'est-à-dire des côtes togolaises, à travers l'Est du Burkina jusque dans la partie ouest du Niger.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 Milieu d'étude

Le milieu étudié en suivant la direction de la mousson s'étend des côtes togolaises, l'Est du Burkina jusque dans la partie ouest du Niger (figure 1).

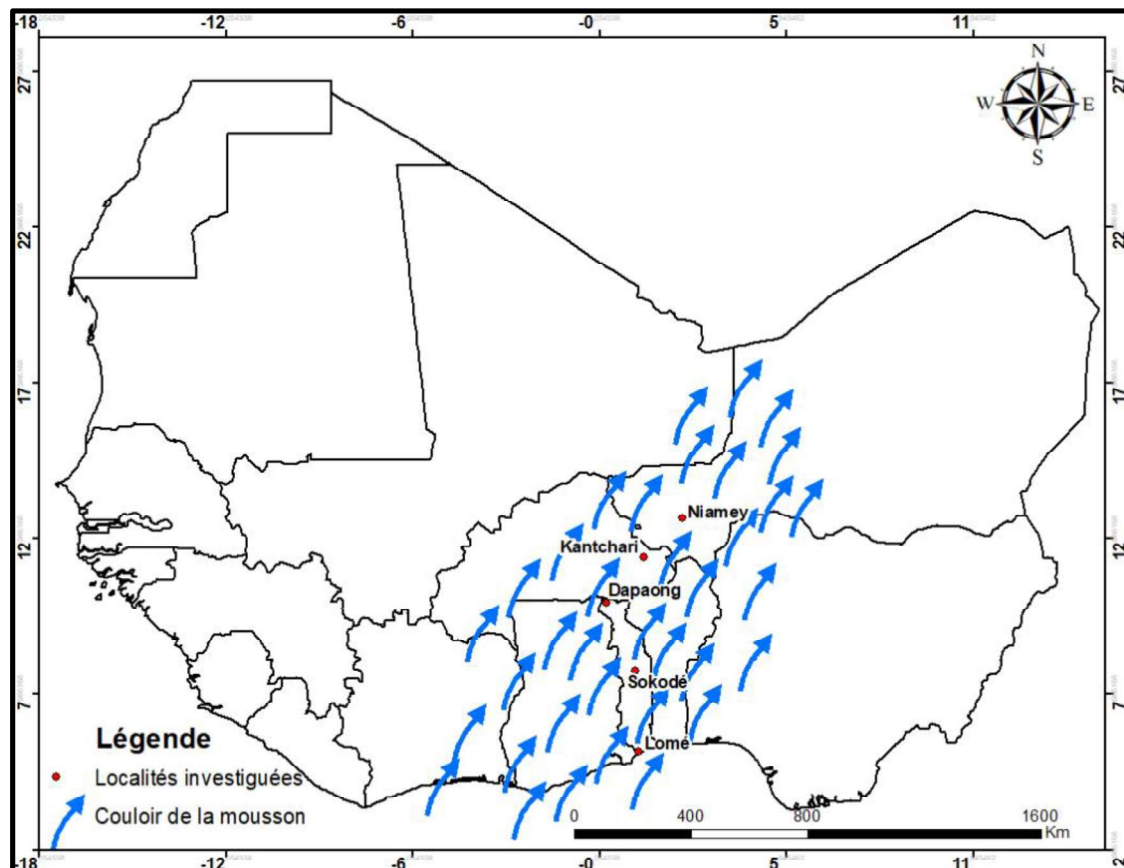


Figure 1 - Situation géographique du secteur d'étude

Source : ESRI-QGIS 3.6 Noosa

D'après cette figure 1, ce milieu se situe globalement entre 5°0'0" et 25°0'0" de latitude nord et 5°0'0" longitude ouest et 5°0'0" longitude est. Le secteur part du Golfe de Guinée à savoir des côtes togolaises à travers l'Est du Burkina-Faso jusque dans la partie ouest du Niger. Il couvre du sud au nord, cinq localités : Lomé, Sokodé, Dapaong, Kantchari et Niamey qui constituent des lieux d'étude. Pour atteindre l'objectif de cette étude, une approche méthodologique a été utilisée.

## 2.2 Approche méthodologique

Cette étude vise à analyser les particularités des paramètres climatiques de la mousson dans son parcours entre le Togo et le Niger en se basant sur les statistiques de la NASA de 1982 à 2022 et celles des stations météorologiques synoptiques obtenues à l'Agence Nationale de Météorologie du Togo (ANAMET) et de la Direction de la Météorologie du Niger (DMN). Ces données furent collectées sur cinq stations météorologiques dont trois du Togo (Lomé, Sokodé, Dapaong), une du Burkina Faso (Kantchari) et une du Niger (Niamey). Les indices d'extrêmes climatiques (intensité journalière des pluies SDII, durée des séquences sèches et chaudes WSDI,) furent analysés avec Rclimindex. Les tests de Pettitt dans les différentes stations étudiées ainsi que les autres courbes (SPI et tendances des précipitations) ont été réalisées à l'aide de XLSTAT. La carte du milieu d'étude a été réalisée avec ArcGIS.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Résultats

Les statistiques des paramètres climatiques comme les pluies quotidiennes, les températures et l'humidité relatives ont fait l'objet d'une analyse pour montrer la manifestation, des conditions climatiques dans le parcours de la mousson ouest-africaine. La mousson ouest-africaine soufflant sur le Togo, l'Est du Burkina Faso et la partie ouest du Niger engendre la grande partie des précipitations du mois de mars à novembre. La période hivernale entre ces trois pays décroît du sud au nord. Elle est de deux saisons au Togo connues sous les appellations de celle de la grande (avril à juillet) et de la petite (août à novembre). En général, de l'Est du Burkina Faso jusqu'aux environs de Niamey au Niger, la mousson occasionne une seule saison hivernale. Mais ses arrivées et retrait (on- and offset) fluctuent assez [9].

#### 3.1.1 L'humidité de l'air

La figure 2 montre partout dans les cinq villes étudiées des tendances à la hausse de l'humidité de l'air. Les hausses les plus élevées sont observées à Lomé où R2 est égale à 0,42 et Kantchari où elle est 0,21.

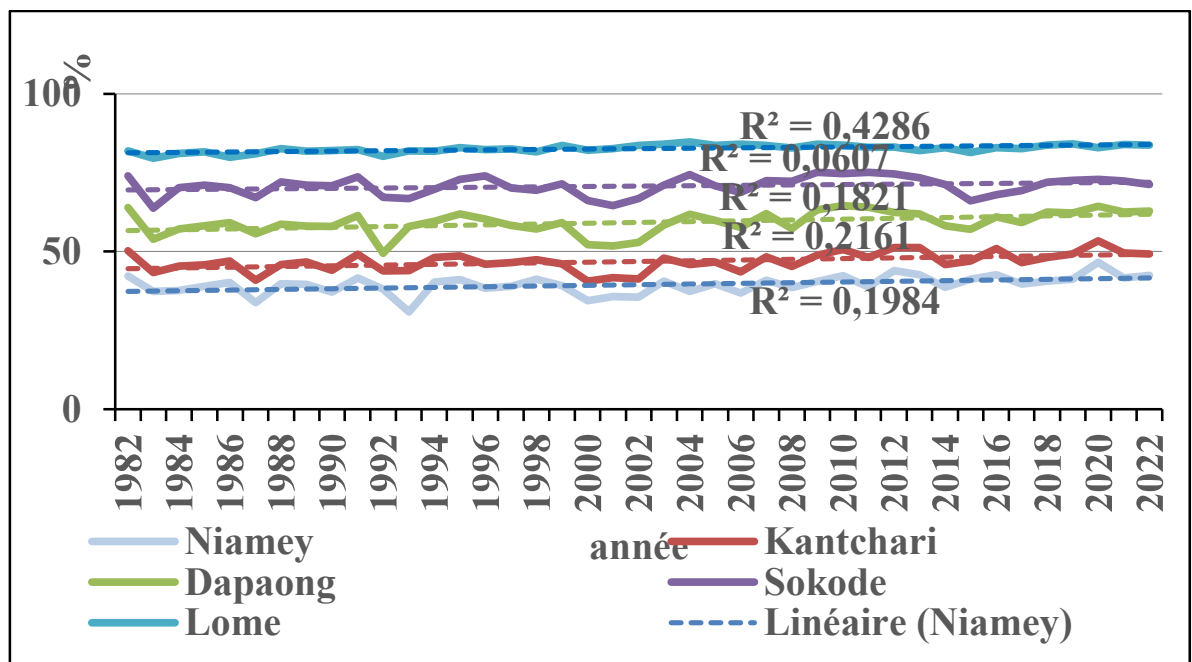
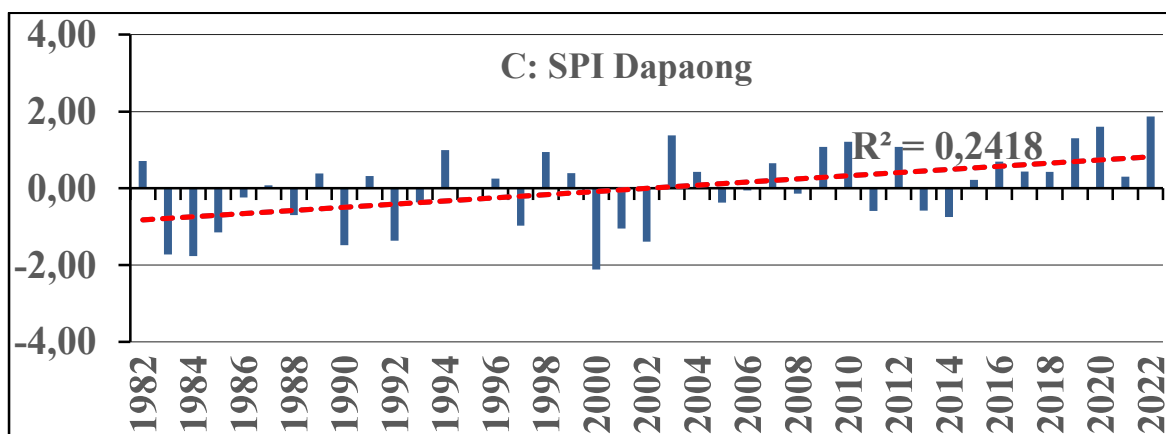
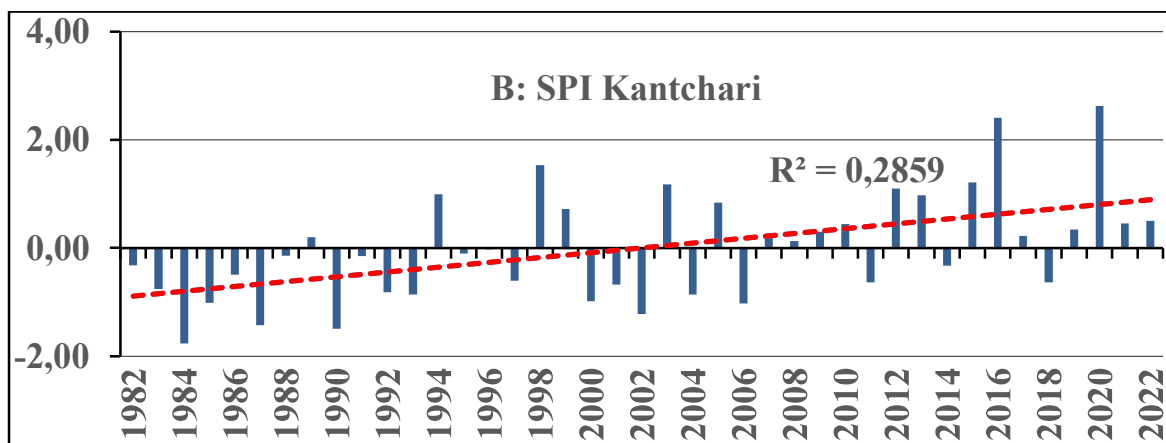
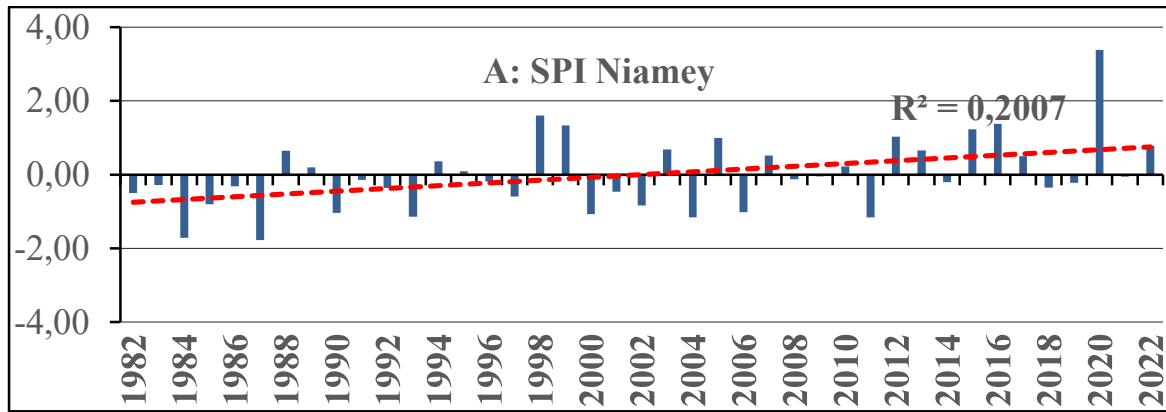


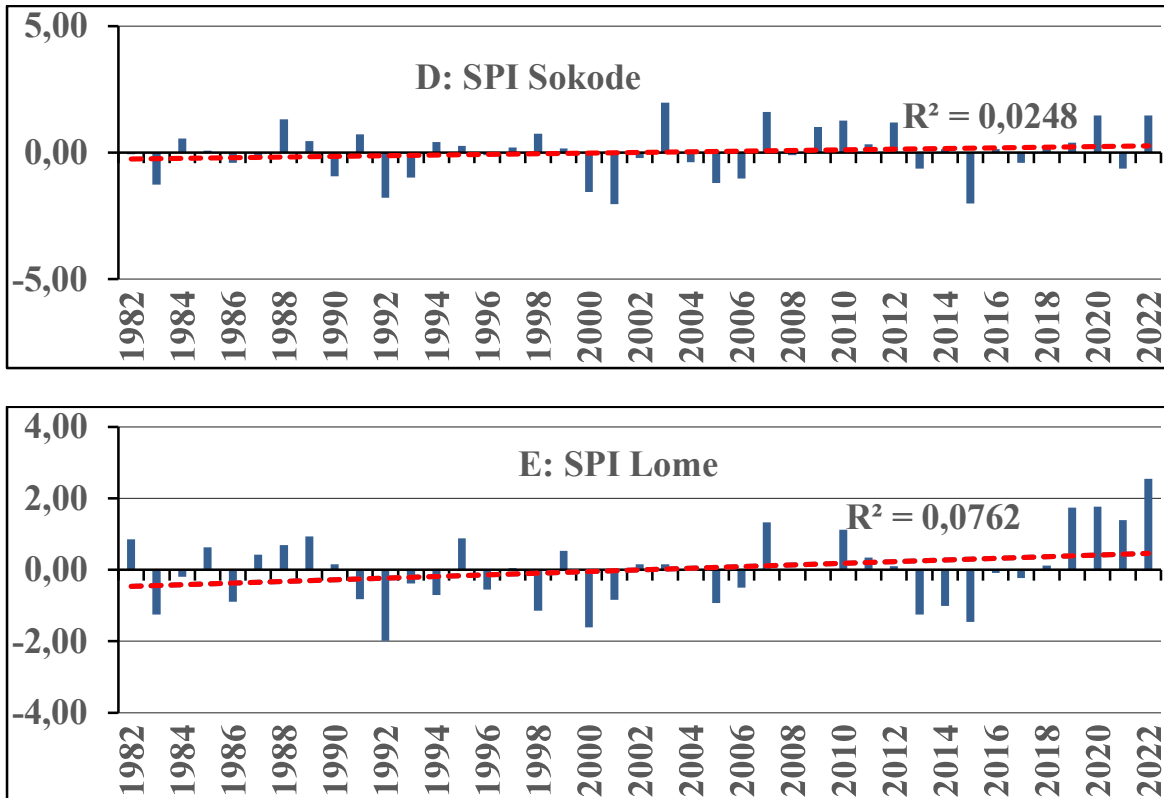
Figure 2- Evolution de l'humidité de l'air et courbes de tendances dans les stations étudiées.

Les moyennes de la série varient entre 39,52 % à Niamey et 82,63 % à Lomé. C'est à Dapaong où la moyenne de l'humidité de l'air est de 59,23 % que la tendance reste la plus faible, R2 étant de 0,18 %.

### 3.1.2 Les indices standardisés des précipitations (SPI)

Ces tendances à la hausse sont aussi remarquées dans l'évolution des précipitations (figures 3A à E). En effet, le coefficient de détermination est de 0,07 à Lomé, 0,02 à Sokodé, 0,24 à Dapaong, 0,28 à Kantchari et 0,20 à Niamey



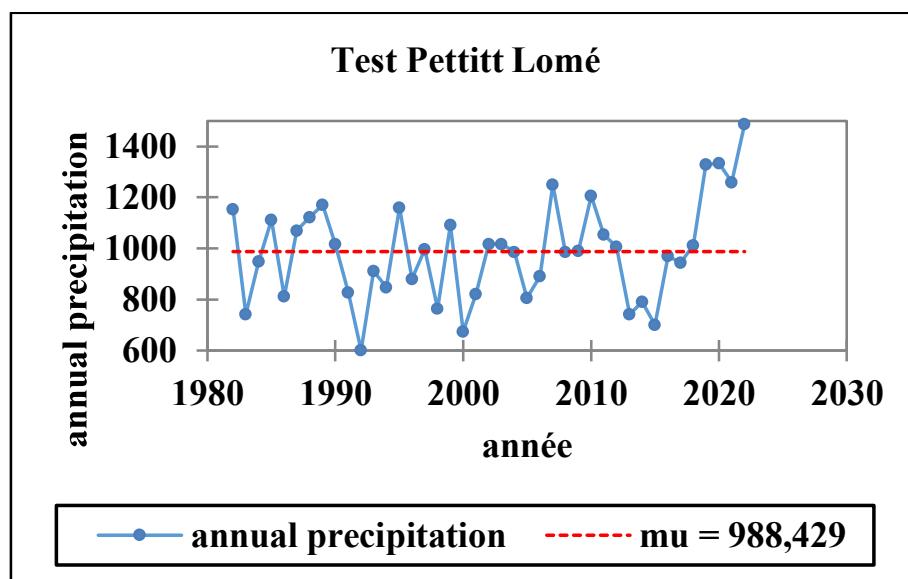


Figures 3A à E - Indices standardisés des précipitations des cinq stations étudiées

A Lomé, Dapaong et Kantchari, une reprise nette des précipitations est en cours depuis les quatre dernières années. A Niamey de même qu'à Sokodé, des fluctuations entre les années déficitaires et excédentaires sont observées (graphiques 3A et 3D). A Sokodé, les années excédentaires consécutives étaient de 2009 à 2012. Celles-ci étaient entre 2015 et 2017 à Niamey. Les séquences sèches ont marqué cette ville surtout dans les années 1980.

### 3.1.3 Les tests de Pettitt

Pour savoir plus sur les changements intervenus relatifs aux précipitations, des tests d'homogénéité de Pettitt (figure 4) ont été effectués.



Figures 4 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Lomé



Le test d'homogénéité de la ville de Lomé a pris en considération un niveau de signification de 5 % et la p-value a été calculée en utilisant 10000 simulations Monte Carlo. L'intervalle de confiance autour de cette p-value est à 99%, les deux hypothèses étant  $H_0$  si les données sont homogènes, et  $H_a$  s'il y a eu une rupture c'est-à-dire une date à partir de laquelle il y a eu un changement. Ce changement peut être positif, dans le cas où la seconde moyenne  $\mu_2$  serait supérieure à la première  $\mu_1$ . Ceci n'est pas le cas pour cette figure n°4 étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha = 0,5$ . On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ . Le risque de la rejeter alors qu'elle est vraie est de 18,09%.

L'explication du test en ce qui concerne la ville de Sokodé (figure 5) est presque identique à celle de Lomé avec ses précipitations de la même série chronologique (1980 à 2022) soumises aux mêmes hypothèses.

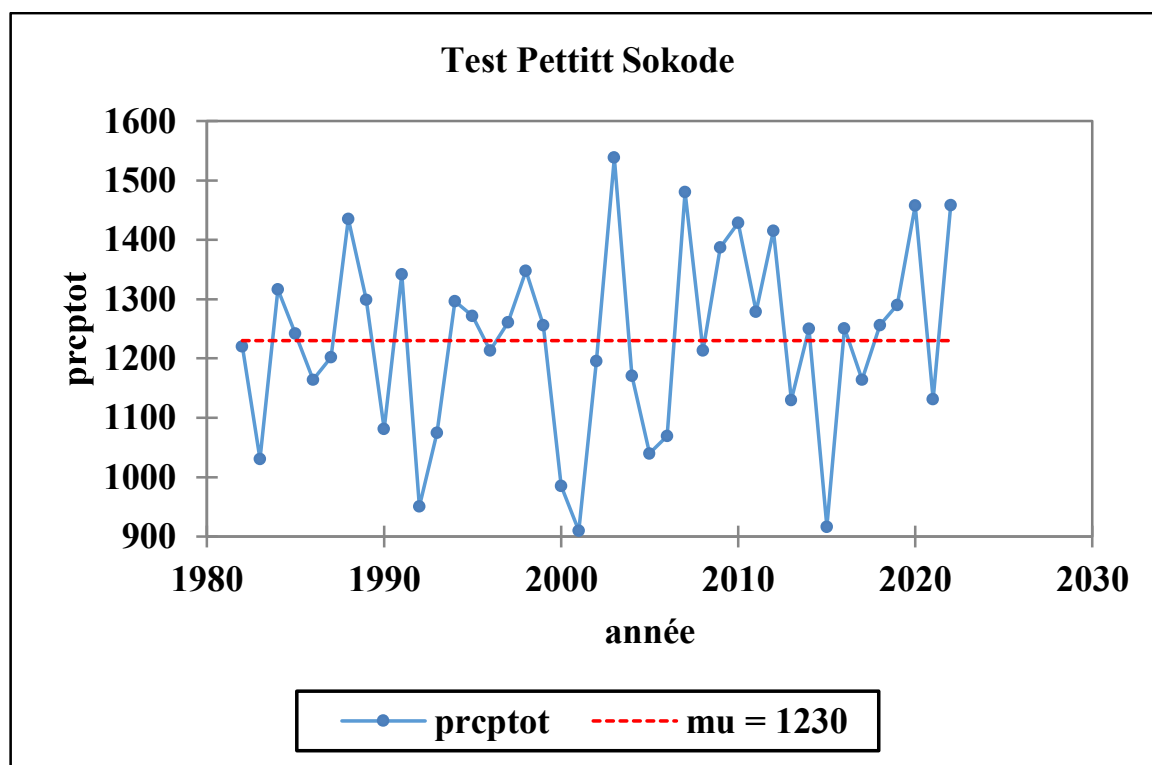


Figure 5 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Sokodé

La figure 5 ne montre pas de rupture au cours de la série chronologique. La moyenne pluviométrique est de 1230 mm avec un écart-type de 156,32 mm. Dans ce cas aussi, la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha = 0,5$ . On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ . Le risque de la rejeter alors qu'elle est vraie est de 42,61 %.

Par contre, l'analyse du test concernant Dapaong (figure 6) distingue clairement la rupture observée à partir de 2003. La moyenne  $\mu_2$  (1105 mm) est nettement supérieure à  $\mu_1$  (977,25). L'hypothèse nulle  $H_0$  est rejetée et  $H_a$  (hypothèse alternative) retenue. Il s'agit d'un changement climatique survenu dans cette région de savane.

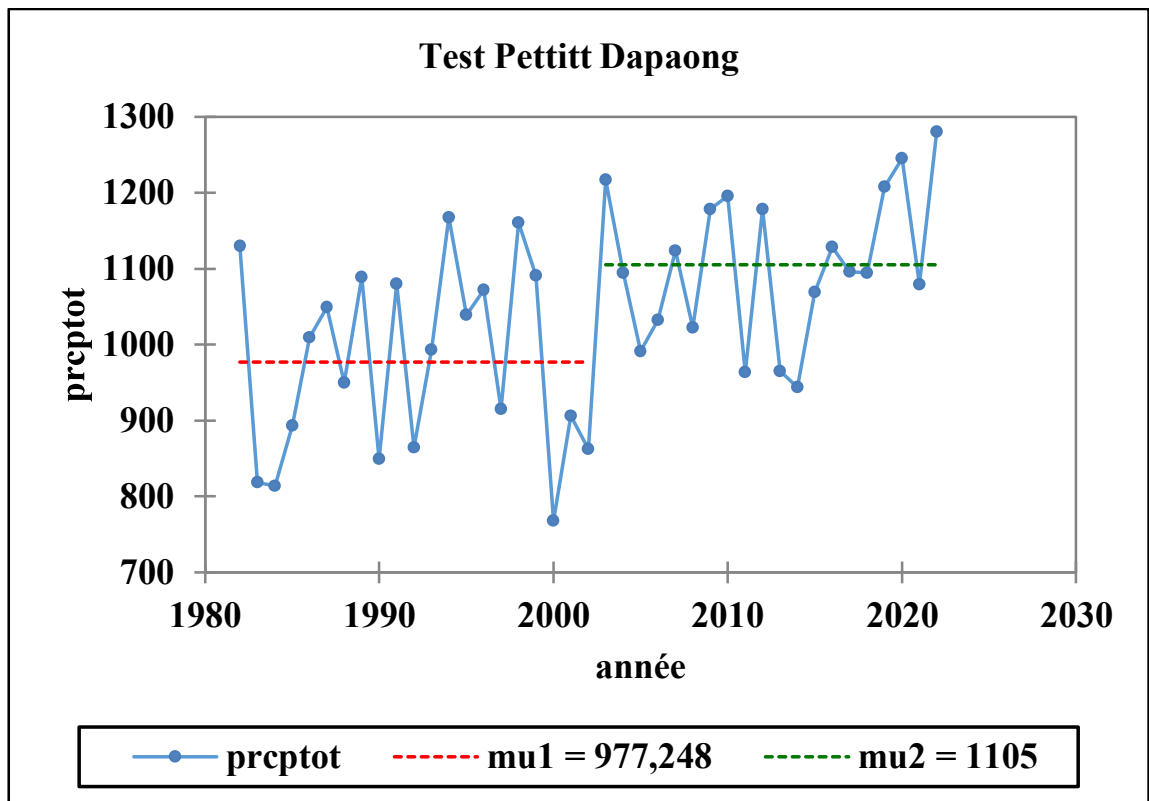


Figure 6 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Dapaong

Un changement climatique identique est observé à Kantchari (figure 7) également à partir de 2003. La rupture de série montre une différence de 100,2 mm entre mu1 et mu2.

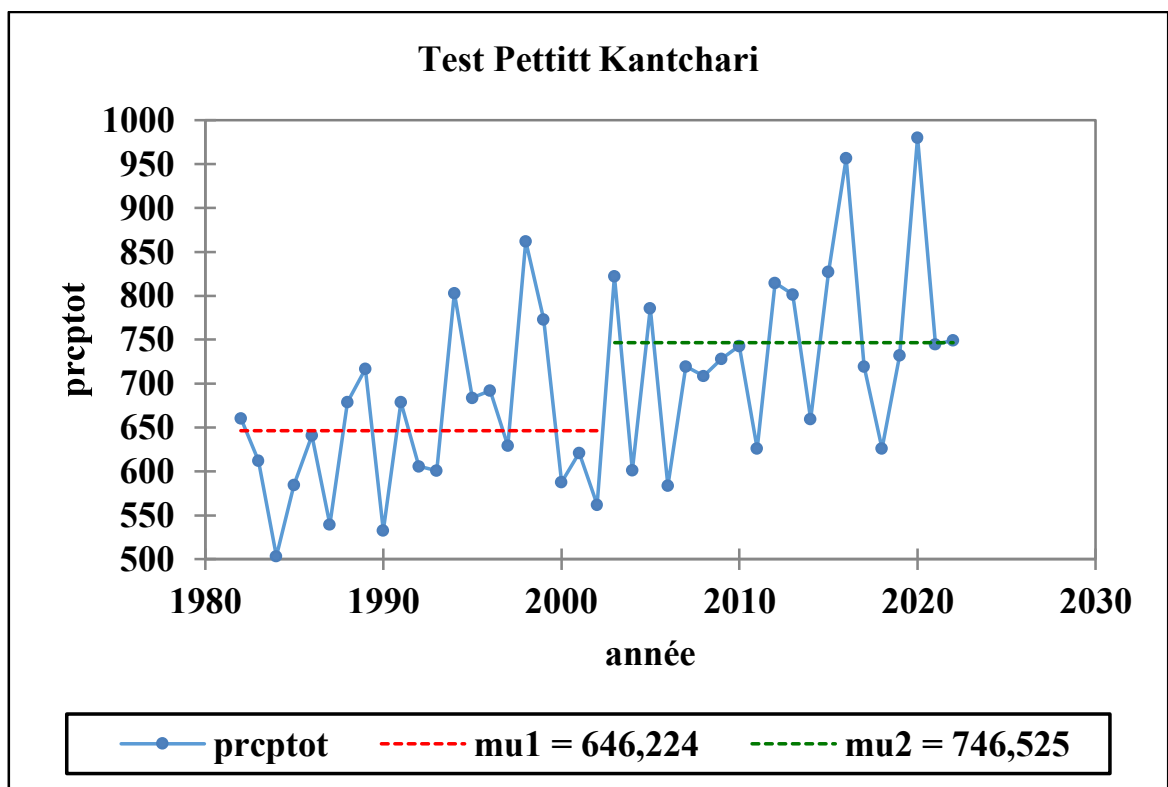


Figure 7 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Kantchari

Pour cette ville, la moyenne pluviométrique est de 695,15 mm avec un écart-type de 108,83 mm. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est très faible (inférieur à 0,91%). En ce qui concerne ces deux villes en zone de savane, le changement climatique est bien réel, alors qu'à Niamey (figure 8), il n'est pas encore amorcé. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 n'est que de 5,55%.

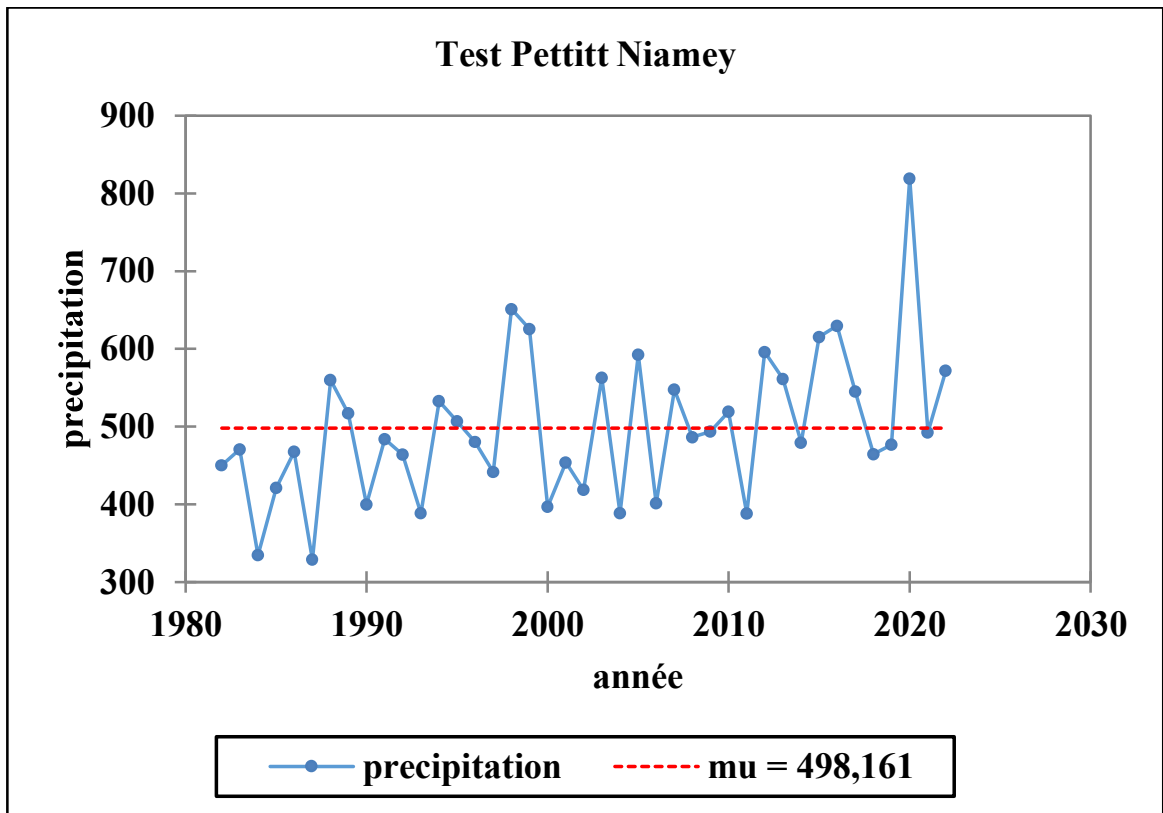


Figure 8 - Test d'homogénéité de Pettitt pour la ville de Niamey

### 3.1.4 Caractérisation des indices de précipitations et de températures

#### 3.1.4.1 Caractérisation des indices de précipitations et de températures

L'analyse de l'évolution des indices de l'intensité des pluies journalières dans les cinq localités d'études permet de caractériser l'évolution des pluies journalières au cours de la série retenues pour l'étude (figure 9).



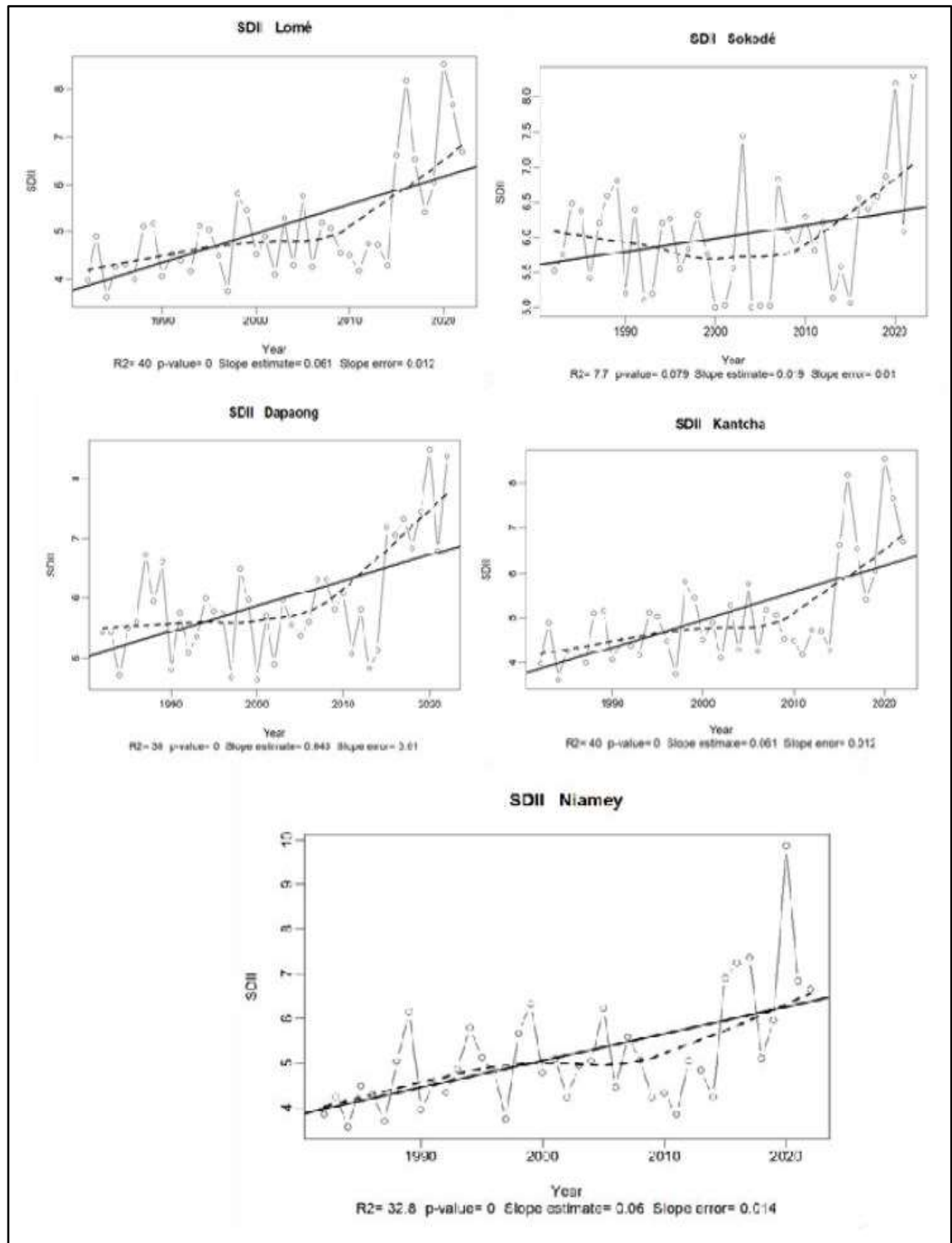


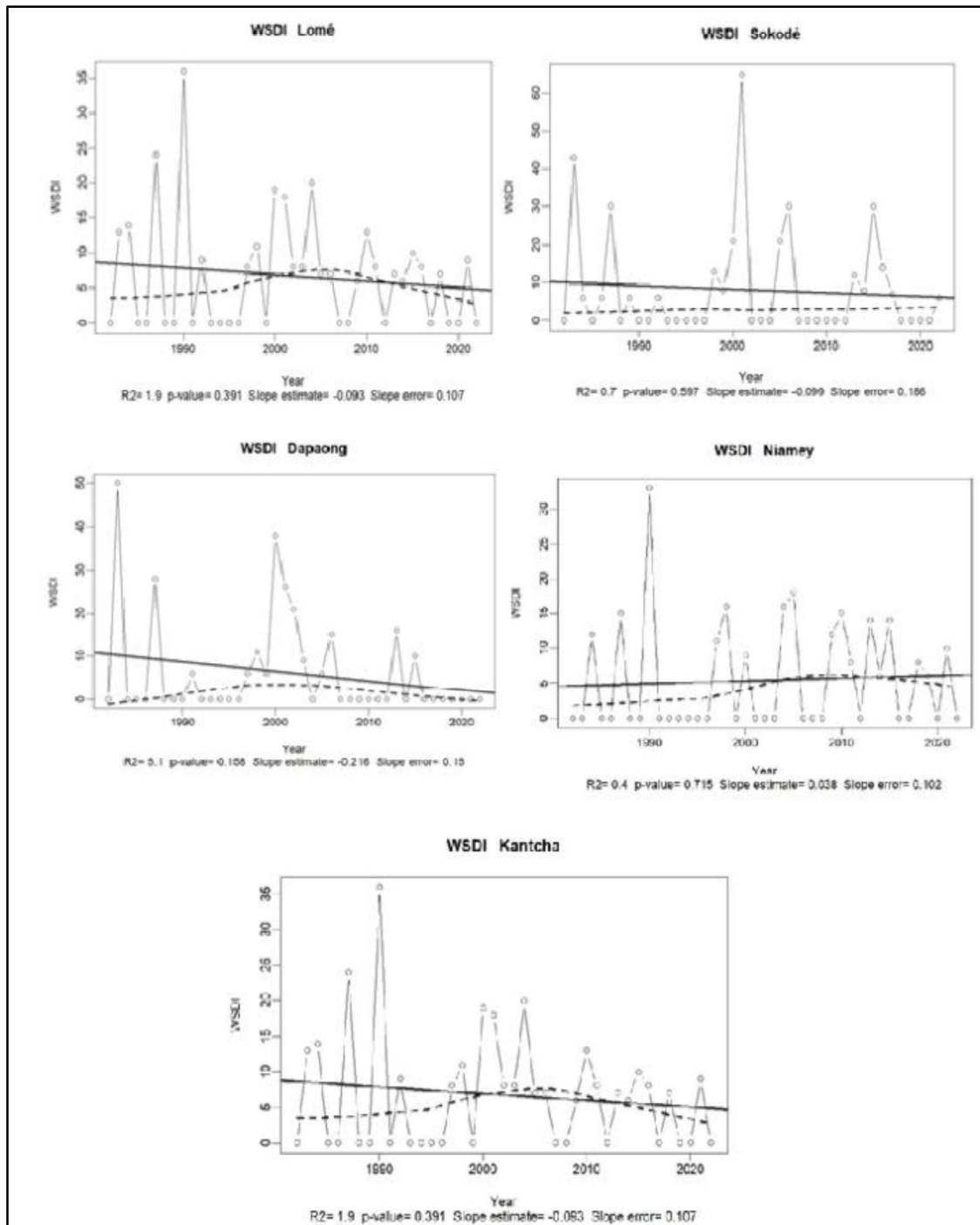
Figure 9 - Indices de l'intensité journalière de pluie (SDII)  
 Source : Traitement statistique des données climatiques de 1982-2022

L'analyse de la figure 9 indique une variabilité de l'indice de l'intensité des pluies journalières à l'échelon des stations retenues pour l'étude. Au regard des tendances indiquées par les différents graphiques, on retient que l'intensité des pluies journalières est en augmentation dans toutes les stations sur la période 1982-2022. Cependant, cette intensité varie d'une localité à l'autre. Ainsi, sur l'ensemble des stations météorologiques indiquées, 60 % ont des valeurs des pentes supérieures à 0,06 %. Ces valeurs sont de 0,061 ; 0,061 ; 0,06

respectivement pour les stations de Lomé, de Kantchari et de Niamey. Cette analyse amène à déduire que sur le même couloir, Lomé, Kantchari et Niamey sont des villes plus pluvieuses voire plus humides que Sokodé et Dapaong avec pour pentes successivement de 0,019 et 0,043. Cette situation explique plus ou moins les avènements d'abondances précipitations relevées suivant les années au cours de ces dernières décennies sur l'ensemble de la région ouest-africaine.

### 3.1.4.2 Evolution de la durée des séquences chaudes

L'évolution de la durée des séquences chaudes dans le couloir de passage de la mousson ouest-africaine est illustrée par la figure 10.



Figures 10 - Evolution de la durée des séquences chaudes (WSDI)  
 Source : Traitement statistique des données climatiques de 1982-2022

En somme, à l'exception de la station de Kantchari, une augmentation de la durée des séquences chaudes sur la série chronologique 1982-2022 est observée dans 80 % des localités couvertes par l'étude. Toutes ces ambiances climatiques identifiées, viennent accentuer dans une large mesure, le réchauffement climatique marqué dans ces dernières années et qui, préoccupe aussi bien les pays développés que ceux en développement.

### 3.2 Discussion

L'analyse de la variabilité climatique dans le couloir de la mousson qui va de la côte du Golfe de Guinée jusqu'au Sahel a été effectuée sur la base des indices climatiques de précipitations et de températures. Les différentes tendances ont été relevées sur la base des méthodes telles que celle de la rupture et de régression linéaire. Ces approches méthodologiques ont été adoptées par Gaspaldy [10]. Par ailleurs, E. Adéwi et V. Dubreuil [11] ont dans leur recherche, utilisé l'approche basée sur la régression linéaire simple pour montrer les tendances climatiques dans la région des Savanes au Togo. Ces auteurs dans leur travail n'ont pas pris en compte, les tendances basées sur les ruptures de stationnarité et des indices de RCLIMDEX.

Les résultats de la présente étude montrent que la variabilité climatique a été significative durant la période retenue pour l'étude à savoir, 1982-2022. Cette fluctuation suite aux traitements et représentations des paramètres climatiques, se traduit par la hausse des précipitations, l'augmentation des températures couplées avec des séquences sèches et humides. Ces manifestations climatiques relevées au cours de ces dernières décennies, s'expliquent par le réchauffement climatique dont l'incidence sur le couplage océan-atmosphère conduit probablement à un accroissement des phénomènes climatiques extrêmes. Cette indication concorde avec les travaux du GIEC [12] qui, qui prouvent qu'un climat plus chaud conduit très probablement à un accroissement de la fréquence et/ou de l'intensité de certains types d'événements extrêmes.

Pour cette étude, la tendance à la hausse des jours chauds consécutifs ( $T_x > 90^{\text{ème}}$ ) avec une pente statistiquement significative est observée à Lomé, à Sokodé, à Dapaong et à Niamey sauf à Kantchari où sa valeur est de 0,391 avec une pente de valeur égale à -0,093. Ces résultats sont en phase avec ceux de E.W. Vissin [13] qui, a constaté que les températures extrêmes changent dans le bassin béninois du fleuve Niger.

Les tests d'homogénéité effectués ont montré qu'il y a bien eu des changements, c'est-à-dire des ruptures dans les séries des données à Dapaong et Kantchari. Ceci révèle que le changement climatique est plus marquant en zone forestière et de savane qu'aux zones côtières (Lomé et Sokodé) ou sahélienne (Niamey).

Ces résultats confirment le réchauffement global qui entraîne la hausse des températures, les fortes évaporations et l'intensité des pluies, avec la tendance actuelle de l'humidité de la mousson, celle-ci est partout en hausse dans les localités étudiées. Tout de même, dans son parcours de Lomé où elle est chargée à 81% de vapeur d'eau, la mousson souffle en moyenne sur Niamey avec une humidité de 39%, soit une perte de plus de 50%.

Concernant les précipitations, l'étude a révélé que ce n'est pas partout au Sahel les hausses prévues se réalisent [14 -15]. Malgré ces reprises des conditions favorables au reverdissement, l'état de la flore reste toujours impacté par les pressions anthropiques comparativement aux résultats de E. Tindano et al. [16]. En plus, les reprises des précipitations ne doivent pas cacher les séquences sèches prévues par les prévisions [17-18] ainsi que les variations spatio-temporelles des pluies annuelles [10].

## 4. CONCLUSION

Les résultats de la présente étude montrent que la variabilité climatique a été significative durant la période retenue pour l'étude à savoir, 1982-2022. Cette fluctuation suite aux traitements et représentations des paramètres climatiques, se traduit par la hausse des précipitations, l'augmentation des températures couplées avec des séquences sèches et humides. On note que l'évolution des jours chauds consécutifs ( $T_x > 90^{\text{ème}}$ ) a connu une tendance à la hausse à l'échelon de presque toutes les stations du secteur d'étude avec une pente statistiquement significative observée à Lomé, à Dapaong, et à Niamey. Au regard du profil de ces tendances sur la série 1982-2022, il ressort que seule, la station de Kantchari a connu une baisse avec une valeur de pente égale à -0,093. Ces tendances à la hausse sont par contre remarquées dans l'évolution des précipitations

de toutes les stations météorologiques des localités d'étude. En effet, le coefficient de détermination est de 0,07 à Lomé, 0,02 à Sokodé, 0,24 à Dapaong, 0,28 à Kantchari et 0,20 à Niamey. Ces manifestations climatiques relevées dans le parcours de la mousson du Togo à l'ouest du Niger s'expliquent par le réchauffement climatique dont l'incidence sur le couplage océan-atmosphère conduit probablement à un accroissement des phénomènes climatiques extrêmes. En perspective, des études sur les impacts de ces tendances dans les secteurs de l'agriculture, l'élevage, et le transport s'avèrent nécessaires en vue de bien améliorer les rendements agricoles et adapter les infrastructures de transport, surtout que des pluies exceptionnelles s'enregistrent dans le sahel et même dans le Sahara au cours de cette saison 2024.

## Références

1. Badameli, K.M et Tchamie T.T.K. 1997. Le climat de Lomé : une expression de l'anomalie climatique du Golfe de Guinée. Centenaire de Lomé, capitale du Togo (1897-1997). Actes de colloque de Lomé, 7, PP 189-201.
2. Lemou, F. 2022. Analyse des caractéristiques pluviométriques de Lomé au cours de la période 2010-2020 (SUD-TOGO). Revue de géographie du laboratoire Leïdi\_ISSN 0851-2515\_N°27, pp. p.178-188.
3. Edjame, K.S. 2007. Régime des précipitations sur le littoral océanique dans le golfe de guinée ; Revue du CAMES-Nouvelle Série B. n. Vol. 008 N° 1 – (1er Semestre) ; 185-194.
4. Lebel, T. et Vischel, T. 2004. Climat et cycle de l'eau en zone tropicale : un problème d'échelle. C. R. Geoscience 337 (2005), pp. 29-38.
5. Salako, A.P.M. 2021. Migrations de l'équateur météorologique et variabilité intra-saisonnière des pluies au Bénin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Lomé, 383 pages.
6. Yabi, I. 2008. Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique. EDP/FLASH/UAC. 235 pages.
7. Ogouwale, E. 2006. Changement climatique dans le Bénin méridionale et central : Indicateurs, scénarios et perspectives de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat/Université d'Abomey-Calavi, 320 pages.
8. Boko, M. et Adjovi, L.C. 1994. Recherche de tendance dans les séries pluviométriques du Bénin : implication agro-climatique. Publications de l'AIC, vol 7. pp. 294-304.
9. Talib, J.; Taylor, C.M.; Klein, C.; Harris, B.L.; Anderson, S.R.; Semeena, V.S. 2022. The sensitivity of the West African monsoon circulation to intraseasonal soil moisture feedbacks. Q J R Meteorol Soc., 148, pp 1709–1730.
10. Gaspaldy, R.S. 1998. Part de la variabilité climatique sur les fluctuations de la production agricole au Pérou de 1960 à 1993. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Paris, 324 pages.
11. Adewi, E. et Dubreuil, V. 2012. Variabilité climatique et paludisme à Kara, une ville du Nord-Togo. Bigot S. et Rome S. (Eds), Les climats régionaux : observation et modélisation, Actes du colloque organisé à Grenoble du mercredi 05 au samedi 08 octobre 2012, p. 57-62.
12. GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Suisse, 103 p.
13. Vissin, E.W. 2007 : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du bassin du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 267p.
14. Ingrosso, R.; Pausata, S.R.; Francesco, .R. 2024. Contrasting consequences of the Great Green Wall : Easing aridity while increasing heat extremes. One Earth 7, pp.455–472.
15. Wang, G. and Alo, A.C. 2011. International Journal of Geophysics, Volume 2012, pp. 1-10.
16. Tindano, E.; Kadeba, A.; Traoré, I.C.E.; Thiombiano, A. 2023. Effects of abiotic factors on the flora and vegetation of inselbergs in Burkina Faso. Environmental Advances 12 (2023) 100378, pp. 1-10.
17. Sawadogo, W.; Neya, T.; Semde, I.; Korahir, J.A.; Combass, A.; Traore, D.E.; Ouedraogo, P.; Diasso, U.J.; Abiodun, B.J.; Bliefenicht, J.; Kunstman, H.; .2024. Potential impacts of climate change on the sudan-sahel region in West Africa – Insights from Burkina Faso. Environmental Challenges 15 (2024) 100860, pp. 1-16
18. Badameli, K.M. 1998. Analyse et prise en compte des risques climatiques en agriculture : cas de la région maritime du Togo Travaux et Recherche géographiques, Revue Géographique de l'Université du Bénin, Lomé N° spécial, Presse de l'Université de Lomé, 1998, pp 239-250.