



ISSN (O): 2320-5407  
ISSN (P): 3107-4928

Journal Homepage: - [www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/23023  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/23023>



### RESEARCH ARTICLE

## TENDANCE D'EVOLUTION ET MODE D'OCCURRENCE DES PLUIES EXTREMES DANS LE DOMAINE CLIMATIQUE SUD-SOUDANIEN A L'OUEST DU BURKINA FASO

Gouroumana Kambire<sup>1</sup>, Songanaba Rouamba<sup>2</sup>, Abdoulaye Badaye Sirima<sup>3</sup> and Touobewere Noel Some<sup>1</sup>

1. Laboratoire Dynamique Des Espaces Et Societes/Universite Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso.
2. Universite Norbert ZONGO, Departement De Geographie, Burkina Faso.
3. Universitaire Faustinsie SIB, Departement De Geographie, Burkina Faso.

#### *Manuscript Info*

##### *Manuscript History*

Received: 12 January 2026  
Final Accepted: 14 February 2026  
Published: March 2026

##### *Key words:-*

rainfall extremes, mode of occurrence south sudanian-climatic domain, BF.

#### *Abstract*

Knowledge of the evolution and temporal distribution of extreme rain fall events in the southern Sudanian region to the west of Burkina Faso is of vital importance. This will help in decision-making to prevent the effects of the risks associated with these phenomena. The aim of this study is to characterise, through statistical and graphical analysis, the trends in the occurrence of extreme rainfall events that are likely to compromise the development of people's activities. The results show that some aspects of these rainfall extremes are declining while others are increasing. The frequency indices for these types of rainfall all show a non-significant upward trend, and are homogeneous over the study period (1980-2019) at the used stations. As for rainfall intensity, it shows both a downward and an upward trend, depending on the station and the index used. Very heavy daily rainfall of the order of 38.80 mm or more at Bobo, and 40 mm or more at Gaoua, can occur every year. Between 1980 and 2019, 55% of these rains were recorded between July and August in Gaoua. In Bobo, around 80% of this rain fell between August and September. As for the extremely heavy rains which are greater than 68.80 mm and 65 mm at Bobo and Gaouya station respectively, they have a return period of 2 years. Over the study period, 57% of these types of rain occurred at Gaoua between July and August. At Bobo, 44% of these rains occurred between August and September. Extreme rainfall thus seems to be more frequent in the study area during the months of July, August and September, which are the rainiest months of the year. They arrive later in Bobo compared to Gaoua.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

#### **Introduction:-**

Aujourd'hui, le réchauffement planétaire a conduit à la modification du régime de plusieurs paramètres climatiques, dont la pluviométrie et les températures. La perturbation de ces paramètres fondamentaux du climat a eu pour

**Corresponding Author:-** Gouroumana Kambire

**Address:-** Laboratoire Dynamique des Espaces et Societes/Universite Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso.

conséquence, l'apparition de plus en plus fréquents des phénomènes météorologiques extrêmes parmi lesquels les canicules, les sécheresses et les fortes pluies figurent en bonne place (Sarr, 2010 ; GIZ, 2021). Ces extrêmes météorologiques sont à l'origine de plus de 80 à 90 % des catastrophes naturelles qui surviennent à la surface de la Terre ces dernières décennies (OMM, 2006). Aujourd'hui, le nombre des catastrophes liées à ces extrêmes a connu une augmentation fulgurante, passant de 195 en moyenne entre 1987 et 1998, à 365 entre 2000 et 2006 (Sanogo, 2010). En Afrique, l'une des régions la plus exposée et la plus vulnérable aux impacts des changements climatiques (GIEC, 2014), une recrudescence des phénomènes pluviométriques extrêmes conduisant à des inondations désastreuses a été observée ces dernières décennies. L'Afrique de l'Ouest n'est pas en marge de ces événements. Une hausse exponentielle du nombre d'inondations consécutives à des fortes pluies y est notée (Sarr, 2010; Adjakpa et al., 2016). Ce nombre est passé à moins de 2 par an avant 1990, à plus de 8 voire 12 en moyenne par an au cours des années 2000 (Sarr B. 2010, p.9).

À l'instar des autres pays de la région, le Burkina Faso fait face au dérèglement du régime pluviométrique avec son corollaire des pluies extrêmes de plus en plus fréquentes. Selon SP/CONNED (2010), les catastrophes naturelles les plus fréquentes au Burkina Faso ces dernières décennies sont liées soit aux inondations occasionnées par les pluies diluviennes, soit aux sécheresses. Pour ABV-OMM-GWP Initiative Volta GIC (2016), les inondations liées aux pluies extrêmes retiennent le palmarès en termes de dommages causés par les catastrophes naturelles dans ce pays. L'exemple des inondations exceptionnelles de septembre 2009, suite à la pluie diluvienne qui s'est abattue sur presque toute l'étendue du territoire national (SP/CONNED, 2010) illustre à souhait ces affirmations. Ces inondations qui ont touché 11 des 13 régions du pays ont entraîné la submersion de plus de 9300 hectares de cultures sur l'ensemble du pays, et la destruction de plusieurs ouvrages d'art (Sarr, 2010). Elles ont occasionné 9 décès et environ 220 000 sinistres dont 150 000 dans la capitale burkinabe (CONASUR, 2009). Au regard de ces statistiques, les fortes pluies constituent une entrave au développement des activités économiques et au bien-être des populations, et par ricochet au développement économique du pays.

Ainsi, la connaissance du mode de dispersion temporelle des pluies extrêmes pourrait aider dans la planification de la prévention et de l'adaptation aux risques d'inondation par les populations. Or, les travaux de recherche sur ces phénomènes au Burkina Faso, et dans le domaine climatique sud-soudanien en particulier sont peu fournis. Le peu d'études réalisées sur ce sujet se sont surtout intéressées à l'évolution temporelle de ces phénomènes. Leur mode d'occurrence n'est pratiquement pas abordé. Fort de ce constat, cet article est initié pour mener la réflexion sur l'évolution et le mode d'occurrence des extrêmes pluviométriques dans le domaine climatique sud-soudanien à l'ouest du Burkina Faso. En effet, étant le domaine climatique du pays qui reçoit les plus fortes quantités de pluies, et également une zone de production agricole par excellence, les risques d'inondations liées aux pluies extrêmes y sont plus élevés et redoutés. L'objectif de l'étude est de caractériser d'une part la tendance d'évolution temporelle des pluies extrêmes, et d'autre part leur mode d'occurrence dans cette partie du pays.

#### **Données Et Méthodes : -**

##### **Cadre géographique de l'étude :-**

Cette étude est menée dans la zone Ouest du Burkina Faso. La zone géographique visée regroupe 03 régions administratives du pays qui sont les Hauts-Bassins, le Sud-ouest et les Cascades. Ces régions sont les seules du pays à nos jours, à l'exception des Hauts bassins dont une petite partie au Nord-est connaît un climat nord-soudanien, à être entièrement couvertes par le domaine climatique sud-soudanien (fig.1). Selon le recensement général de la population de l'habitat de 2019, cette zone s'étend sur une superficie d'environ 60 436 km<sup>2</sup> (INSD, 2019). Bénéficiant d'un climat de type soudanien, elle enregistre des températures moyennes annuelles généralement situées entre 27 °C et 29°C. Les cumuls pluviométriques annuels vont de 900 mm à plus de 1100 mm, avec une saison des pluies qui s'étale sur 6 à 7 mois (GIZ, 2021). Cette zone dispose d'une gamme variée de sols comprenant entre autres, les sols hydromorphes et bruns eutrophes, les sols à sesquioxydes à matières organiques, les sols ferrugineux tropicaux peu lessives ou lessives, les sols ferrallitiques, les lithosols et les sols peu évolués d'érosion.

Dans l'ensemble, ces sols présentent des potentialités agronomiques appréciables et sont aptes à la culture des principales céréales (le sorgho, le mil, le maïs, le riz, le niébé), base de l'alimentation des populations. Ce sont des sols qui sont également propices aux cultures de rente telles que le coton, le sésame et l'arachide. Toutes ces potentialités font de cette partie du Burkina une importante zone agricole que GIZ (idem) a désignée par périphrase « grenier à grains » du Burkina Faso. L'agriculture y est la principale activité économique des populations. Le secteur d'étude est drainé par de nombreux cours d'eau dont le Kou, la Comoe, la Leraba, le Poni, le Mouhoun, qui

connaissent des périodes de crues occasionnant des inondations désastreuses lorsque surviennent des pluies extrêmes.

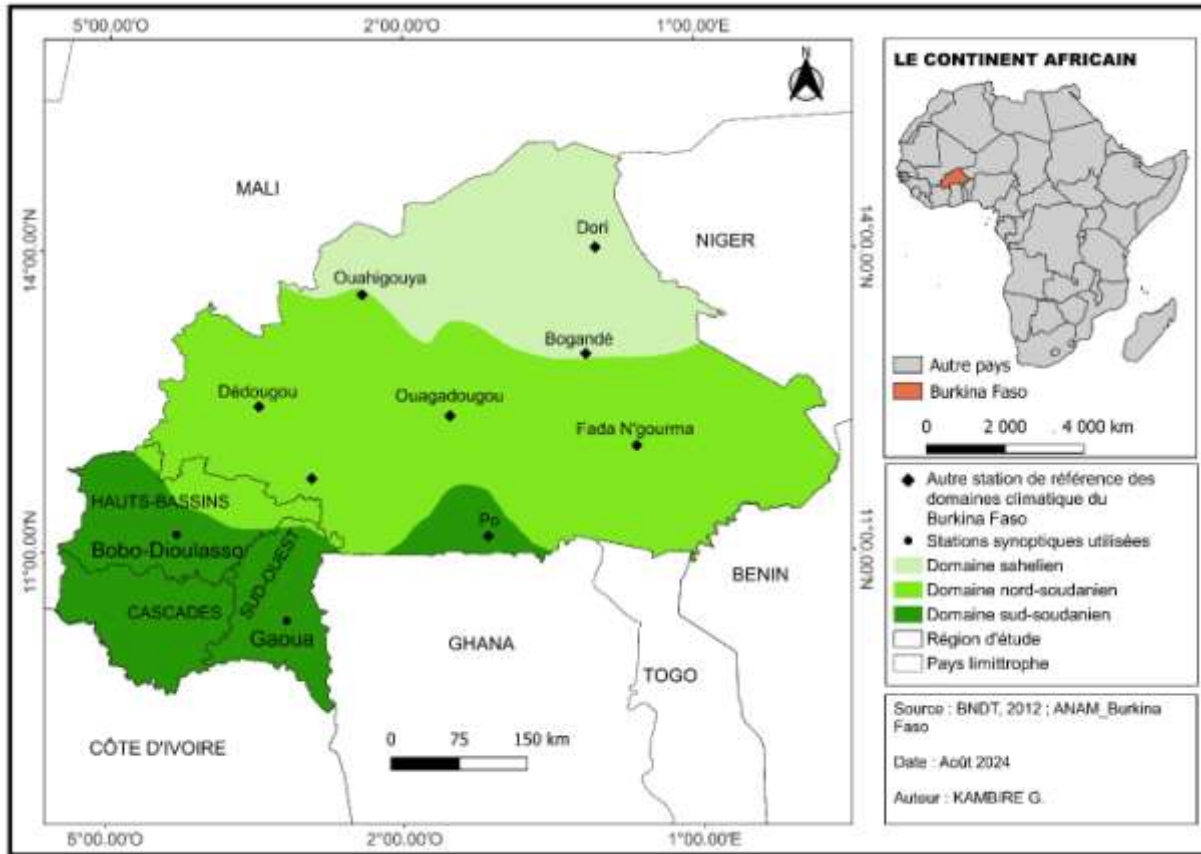


Fig.1 : Situation géographique de l'espace d'étude

#### Données utilisées:-

Pour l'analyse, les données des stations synoptiques de Gao et de Bobo-Dioulasso ont été utilisées. Ces données au pas de temps journaliers couvrent la période de 1980 à 2019, soit une période de quarante (40) ans. Toutefois, pour l'analyse fréquentielle en vue de mettre en évidence le mode d'occurrence des fortes pluies, une longue série allant de 1970 à 2019 (soit 50 ans) a été utilisée. En effet, pour analyser la fréquence des précipitations extrêmes, une période de 40 à 50 ans est en général satisfaisante dans les régions où il y a une fluctuation périodique très nette des précipitations (Sevruk, 1981) citée par Meylanal., (1999). Les données utilisées ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM).

#### Traitement des données:-

Les extrêmes climatiques sont généralement définis par leur intensité, leur fréquence et leur durée. Ainsi, la caractérisation des extrêmes pluviométriques dans cette étude a-t-elle consisté d'une part, à la caractérisation de l'évolution linéaire de leur intensité, leur fréquence et leur durée, et d'autre part, à la détermination du mode d'occurrence de ces phénomènes. Pour ce faire, deux méthodes d'analyse ont été utilisées. L'une graphique et l'autre statistique. Afin de caractériser la tendance d'évolution de ces extrêmes, des indices recommandés par l'Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI) pour l'étude des extrêmes climatiques sont utilisés. Ces indices caractéristiques des phénomènes intenses ou extrêmes, sont représentés graphiquement afin d'apprécier leur évolution temporelle. Cette méthode graphique exploite la régression linéaire consistant en une représentation graphique de type affine qui présente l'évolution linéaire d'une variable étudiée. L'équation de la droite de tendance s'écrit comme suit :  $y = ax + b$  ;  $a$  est la pente ou taux de régression de la variable étudiée, et  $b$  une constante. Si  $a > 0$ , on a une augmentation ; si  $a < 0$ , on a une diminution.

Dans cette étude, huit indices ont été retenus pour l'analyse. À en croire GIZ (2021), l'indicateur de l'intensité des fortes précipitations est la quantité de précipitations maximum ( $P \geq 1$  mm) en une journée sur un an ; tandis que l'indicateur de leur fréquence peut être le nombre de jours franchissant un certain seuil.

**Ainsi, certains indices ont été utilisés dans ce travail pour caractériser l'intensité des fortes pluies et d'autres, pour leur fréquence et la durée des événements pluviométriques extrêmes. Ce sont :**

- ✓ **Indices d'intensité** : il s'agit de l'intensité journalière de pluie, donnée par la hauteur de pluie journalière maximale par an (RX1day); de l'indice simple d'intensité journalière ou intensité moyenne de la pluie (SDII) matérialisée par la lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie ; du maximum de trois jours consécutifs de pluies (Rx3j). En effet, les phénomènes d'inondation peuvent bien découler d'un ou de plusieurs jours consécutifs de pluies. Même si le nombre de cinq jours consécutifs de pluies est couramment utilisé dans les travaux, nous avons estimé que trois jours consécutifs de pluies peuvent déjà, au regard des hauteurs de pluies qu'enregistre le domaine soudanien, déclencher des inondations par stagnation ou par crues de cours d'eau. À ces indices s'ajoute l'indice des totaux annuels des précipitations (PRCPTOT). Ce dernier indice ne décrit pas des situations d'extrêmes, mais plutôt des conditions moyennes des précipitations. Il renseigne également sur l'intensité des pluies sur un an (Hallouzet al., 2019). Il est donc pris en compte dans ce travail pour analyser les conditions moyennes annuelles des pluies dans le secteur d'étude.
- ✓ **Indices de fréquence** : ils concernent le nombre de jours avec une hauteur de pluie ( $P \geq 1$  mm) supérieure au 95<sup>e</sup> percentile (R95p) et au 99<sup>e</sup> percentile (R99).
- ✓ **Indices de durée** : il s'agit du nombre maximal de jours consécutifs sans pluie (CDD) et du nombre maximal de jours consécutifs avec pluie (CWD). Un jour est dit pluvieux s'il enregistre une pluie supérieure ou égale à 1 mm ( $P \geq 1$  mm). Pour les quantités inférieures ( $P < 1$  mm), le jour est considéré non pluvieux. Par la suite, le programme RclimDex du logiciel de statistique R a été utilisé pour calculer ces indices (tableau 1).

**Tableau 1 : Liste des indices utilisés dans l'analyse des événements pluviométriques extrêmes**

Indentification	Nom de l'indice	Definition	Unite
<b>Indices d'intensité</b>			
<b>RX1day</b>	Pluie journalière maximale/an	Cumul maximal de pluie journalière/an	mm
<b>SDII</b>	Simple daily intensity Index	Lame d'eau moyenne précipitée par Jour de pluie	mm/J
<b>Rx3day</b>	Cumul maximal de 3 jours pluvieux	Cumul maximal de 3 jours consécutifs de pluies	mm
<b>PRCPTOT</b>	Total annuel des pluies	Totaux annuels des précipitations	mm
<b>Indices de fréquence</b>			
<b>R95p</b>	Jours très pluvieux	Nombre de jours de pluie par an supérieur à la valeur de pluie du 95 <sup>e</sup> percentile	%
<b>R99p</b>	Jours extrêmement pluvieux	Nombre de jours de pluie par an supérieur à la valeur de pluie du 99 <sup>e</sup> percentile	%
<b>Indices de durée</b>			
<b>CDD</b>	Jours secs consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs sans pluie ( $P < 1$ mm)	Jours
<b>CWD</b>	Jours pluvieux consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs avec pluie ( $P \geq 1$ mm)	Jours

Source : ANAM, 2020

La méthode graphique est complétée par l'analyse statistique. Elle a consisté d'une part, en l'application de tests de Pettitt et de Mann-Kendall aux séries d'extrêmes pluviométriques constituées, et en l'analyse fréquentielle des pluies journalières maximales d'autre part. Le test de Pettitt vise à rechercher une éventuelle rupture de stationnarité dans ces séries ; tandis que le test non paramétrique de Mann-Kendall a pour but d'étudier le degré de significativité des tendances d'évolution. Le choix de ces tests se justifie non seulement par leur aptitude à détecter les ruptures ou les tendances, mais également leur utilisation courante pour ces types d'analyse. Dans le test de Pettitt, l'hypothèse nulle  $H_0$  testée est : « il n'y a pas de rupture ». Lorsque l'hypothèse nulle est acceptée, on déduit qu'il n'y a pas de rupture dans la série ( $X_i$ ) de taille  $N$ . Au cas contraire, la contre-hypothèse (présence de rupture) est acceptée et une date de rupture est proposée. Le test non-paramétrique de Mann-Kendall permet à son tour d'évaluer le degré de

significativité d'une tendance. Dans ce test, trois (03) statistiques importantes sont générées : la statistique S, le tau ou coefficient des rangs de Kendall et la p-value ou variable réduite. L'hypothèse H0 testée est qu'il n'y a pas de tendance. Si la p-value est inférieure au niveau de significativité  $\alpha$  choisi ( $p < \alpha$ ), l'hypothèse H0 est rejetée et on conclut à l'existence d'une tendance significative au seuil choisi (il est de 5% dans cette étude). La statistique S de Kendall représente un solde qui, lorsqu'il est positif, indique une évolution temporelle à la hausse du phénomène étudié : et lorsqu'il est négatif, indique une baisse du phénomène (Tra bi, 2013). Le logiciel XLSTAT version 2022 a été utilisé pour la réalisation de ces tests.

Quant à l'analyse fréquentielle, elle a été mobilisée pour étudier les probabilités d'occurrence des pluies extrêmes. L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus pluviométrique ou hydrologique donné, afin d'en définir les probabilités d'apparition future. Elle repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation mathématique décrivant le comportement statistique d'une variable (les pluies journalières maximales par an sont ici concernées) par le biais de sa fonction de répartition (Meylan P. et al., 1999 p.12). Dans cette étude, le modèle de Gumbel a été utilisé. Ce modèle est réputé mieux ajuster les événements extrêmes journaliers, surtout dans le domaine soudanien (Kodja D. J., 2018 p.173). La fonction de répartition de la loi de Gumbel  $F(x)$  s'exprime de la manière suivante :

$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-a}{b}))$  ; avec  $\frac{x-a}{b} = u$ ,  $u$  étant la variable réduite de Gumbel. Ainsi,  $a$  et  $b$  sont les paramètres de Gumbel avec  $a$  est le paramètre de position appelé mode (l'ordonne à l'origine,  $u = 0$ ) et  $b$  le paramètre d'échelle appelé gradex (Gradient exponentiel des valeurs extrêmes) et  $x$ , la variable étudiée (les hauteurs de pluie journalières maximales dans cette étude). Par simplification, la fonction de répartition de la loi de Gumbel s'écrit alors de la manière suivante :

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-a}{b}))$$

En outre, la formule de Hazen a été utilisée pour calculer la probabilité au non-dépassement des pluies extrêmes. Une multitude de formules empiriques existent pour le calcul de ces probabilités, mais plusieurs simulations ont montré que la fréquence empirique ou expérimentale de Hazen est appropriée quand on utilise le modèle fréquentiel de Gumbel (Koudamilo, 2017). Après un classement par ordre croissant d'un échantillon de pluies maximales de taille  $n$ , l'expression de la fréquence empirique ou expérimentale au non-dépassement de Hazen pour une valeur  $x$  de rang  $m$  se note :

$$F(X_{[m]}) = \frac{m-0.5}{n}$$

Où  $m$  est le rang des observations (classées par ordre croissant) ;  $n$  est la taille de l'échantillon et 0.5 la constante de la formule de Hazen ;  $x_{[m]}$  est la valeur de rang  $m$  dans l'ordre des valeurs classées de façon croissante. Après l'ajustement par la loi de Gumbel, plusieurs quantiles (hauteurs de pluies journalières) et leur période de retour peuvent être estimés. Et, cela avec pour but de déterminer les périodes de retour des événements pluvieux extrêmes à la qui sont à l'origine des inondations dévastatrices. Le temps de retour ( $T$ ) d'un événement caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une intensité donnée. Il est également défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement et est obtenu par la formule suivante :

$$T = \frac{1}{1 - F(X_{[m]})}$$

Par ailleurs, pour que les résultats de l'analyse fréquentielle soient valides, les données utilisées doivent satisfaire à trois hypothèses de base. Il s'agit de l'indépendance, de l'homogénéité et la stationnarité des données. Ainsi, la série

de pluies journalieres maximales par an a ete soumise au test homogeneite de Wilcoxon, de stationnarite de Kendall et d'indpendance de Wald-Wolfowitz disponibles dans le logiciel Hyfran (hydrologicalfrequencyanalysis).

## Resultats:-

### Tendance d'evolution des pluies extremes:-

#### ➤ Evolution des indices de l'intensite des fortes pluies:-

La figure 2 montre la quantite de pluies journalieres maximales sur une annee et la lame d'eau moyenne precipitee par jour de pluie aux stations synoptiques de Bobo-Dioulasso et de Gaoua. Chacun des deux indices caracterisent l'intensite des fortes pluies (GIZ, 2021).

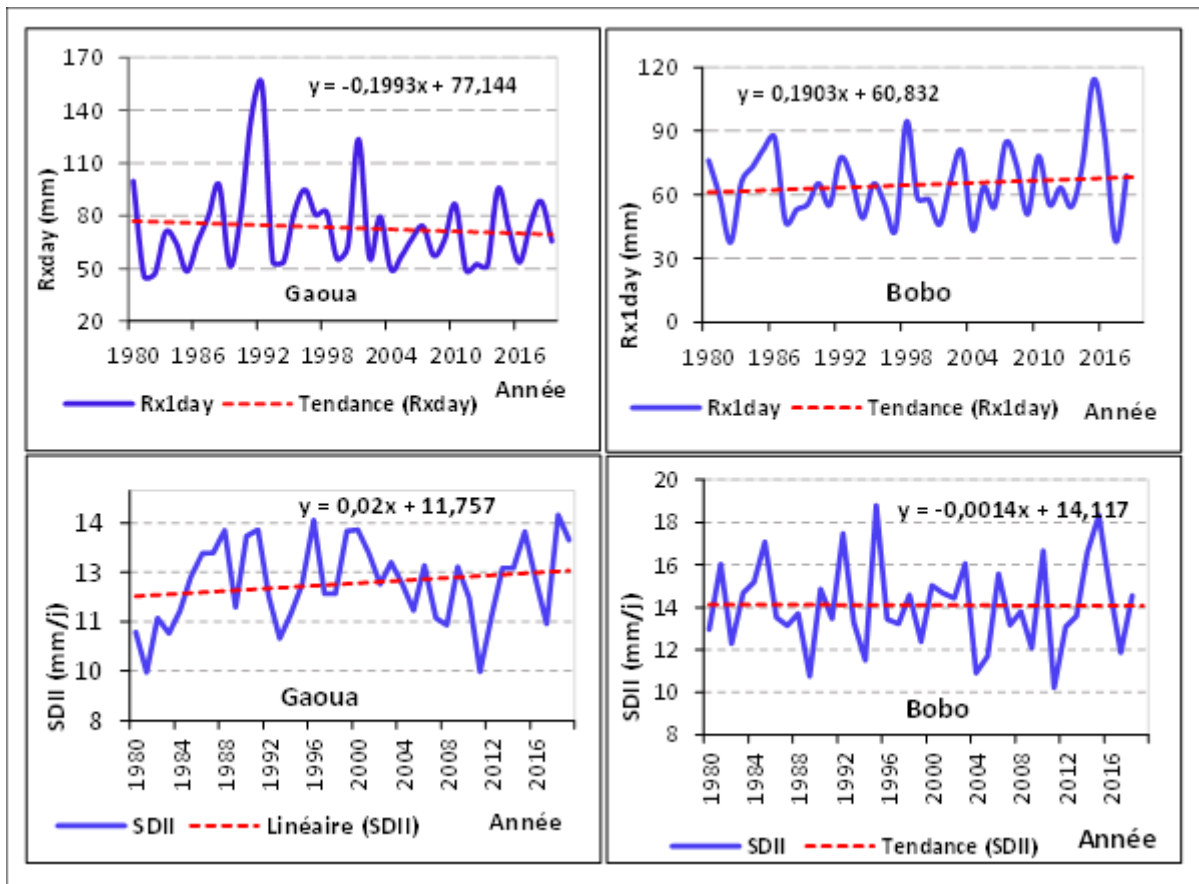


Fig.2 : Indices de l'intensite journaliere et des totaux annuels de pluie

Source : ANAM 2021

L'analyse de la figure 2 montre deux situations inverses dans la tendance d'evolution de chacun de ces indices d'intensite de pluie au niveau des deux (02) stations climatologiques. En effet, a la station de Gaoua, la courbe montre une tendance a la baisse de l'indice de l'intensite journaliere des pluies (Rx1day), tandis que leur intensite moyenne (SDII) affiche une tendance a la hausse. Ce resultat signifie en gros qu'il y a eu, sur la periode d'etude, de moins en moins de fortes pluies journalieres a Gaoua. A la station de Bobo-Dioulasso, c'est la situation inverse qui est presentee : l'intensite journaliere des pluies donnee par les pluies journalieres maximales par an (Rx1day) montre une tendance a la hausse, pendant que l'intensite moyenne (la lame d'eau de pluie precipitee par jour) affiche une tres legere baisse. Cela signifierait qu'il y a eu, sur la periode d'etude, de plus en plus de fortes pluies journalieres dans la zone de Bobo. L'intensite journaliere des pluies y a augmente de 0,19mm/an, soit de 7,6mm/an sur les 40 ans. Par contre, a la station de Gaoua, cette meme variable a baisse dans la meme proportion que la hausse notee a Bobo. Quant a la lame d'eau de pluie precipitee par jour, elle croît de 0,02mm/J par an a Gaoua tandis qu'a Bobo, elle est quasi-stationnaire avec neanmoins une pente negative.

➤ **Evolution des indices du cumul de trois jours consecutifs et des totaux annuels de pluies:-**

L'indice du cumul maximal de trois jours consecutifs contribue a la caracterisation de l'intensite des pluies dans une zone donnee. Quant a l'indice des totaux annuels des pluies, il renseigne sur les conditions moyennes de pluviometrie permettant ainsi d'apprécier l'intensite annuelle des pluies. Ces indices sont alors utilises pour renforcer l'analyse de l'intensite des pluies ainsi que des conditions moyennes des pluies et a la station de Bobo et de Gaoua (fig.3). La figure 3 montre l'evolution des indices des totaux annuels et du cumul maximal de trois jours consecutifs de pluies.

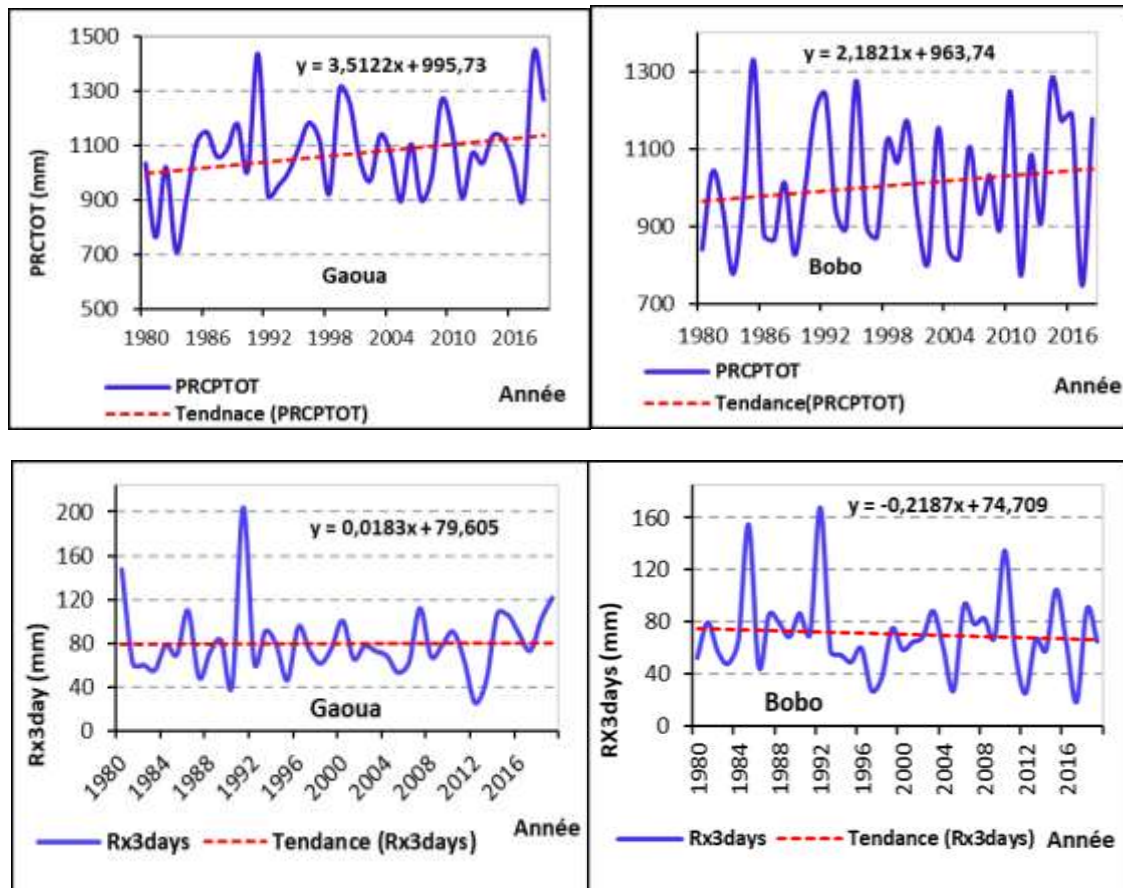


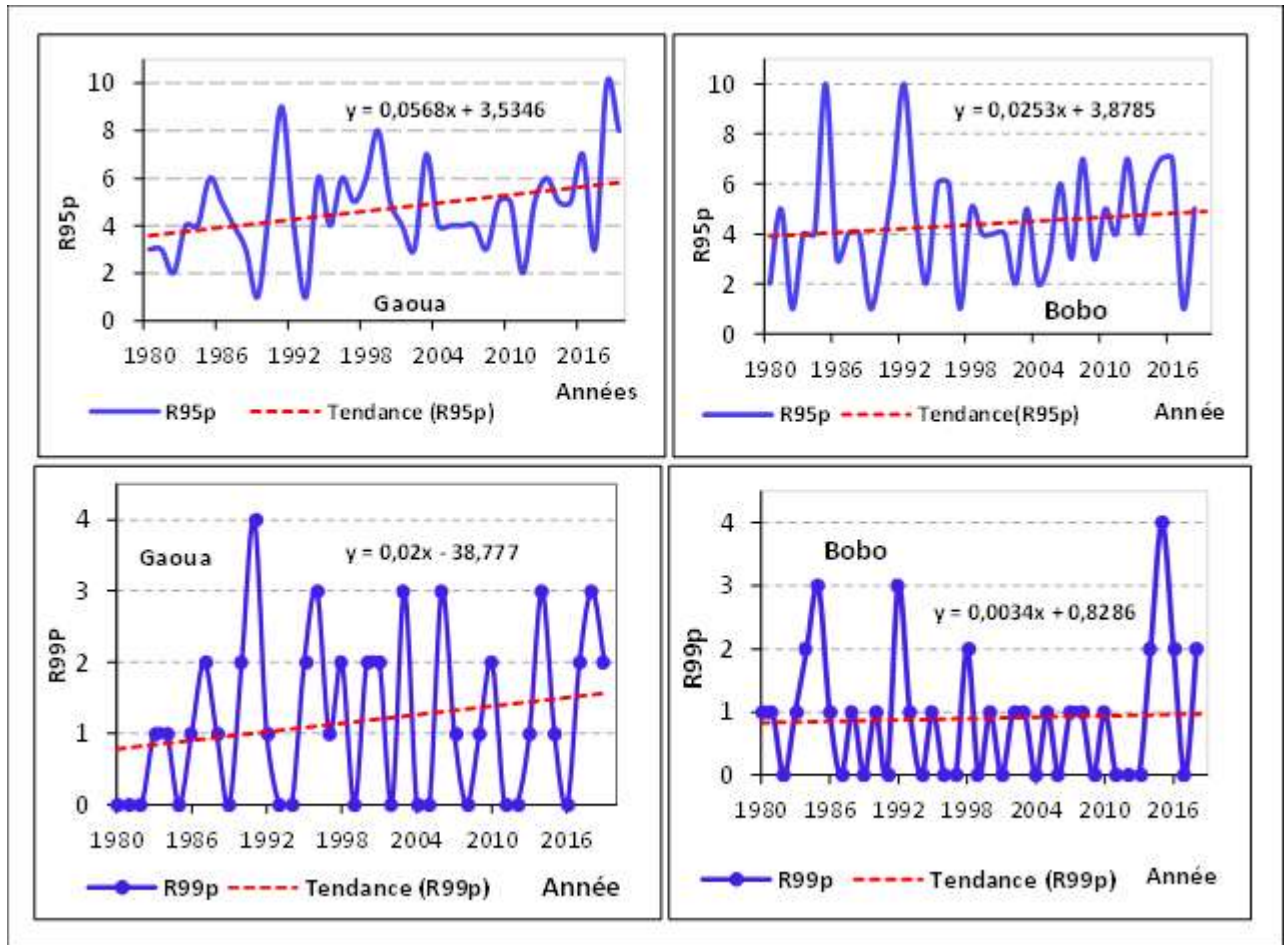
Fig.3 : Indice des totaux annuels et du cumul maximal de trois jours consecutifs de pluies

Source : ANAM 2021

Sur la figure 3, les courbes montrent des pentes positives des indices des totaux annuels de pluies au niveau des stations de Gaoua et de Bobo-Dioulasso ; ce qui signifie qu'il y a eu une tendance a la hausse des cumuls pluviométriques annuels sur la période d'étude au niveau de ces deux stations. Ces hausses sont de 3,51mm/an à Gaoua et 2,18mm/an à Bobo-Dioulasso. Sur la période d'étude (1980-2019), la pluviométrie a donc augmenté de 140,4 mm à Gaoua et de 87,2mm à Bobo-Dioulasso. Quant au cumul maximal de trois jours consécutifs de pluies, il a augmenté de 0,018mm/an à Gaoua et baisse de 0,21mm/an à Bobo-Dioulasso. Outre l'intensité et les conditions moyennes de pluviométrie, la fréquence des pluies extrêmes dans la zone d'étude est analysée.

➤ **Evolution des indices de fréquence des fortes pluies:-**

Afin d'apprécier la fréquence des fortes pluies dans la zone d'étude, le nombre de jours ayant enregistré une hauteur de pluie supérieure au 95<sup>e</sup> et 99<sup>e</sup> percentile sur la série d'étude est analysé. Ces indices caractérisent respectivement le nombre de jours très humides (pluies très fortes aussi appelées pluies intenses) et extrêmement humides (pluies extrêmement fortes encore qualifiées de pluies extrêmes). La figure 4 présente l'évolution de ces indices dans les deux stations au cours de la période 1980 à 2019.

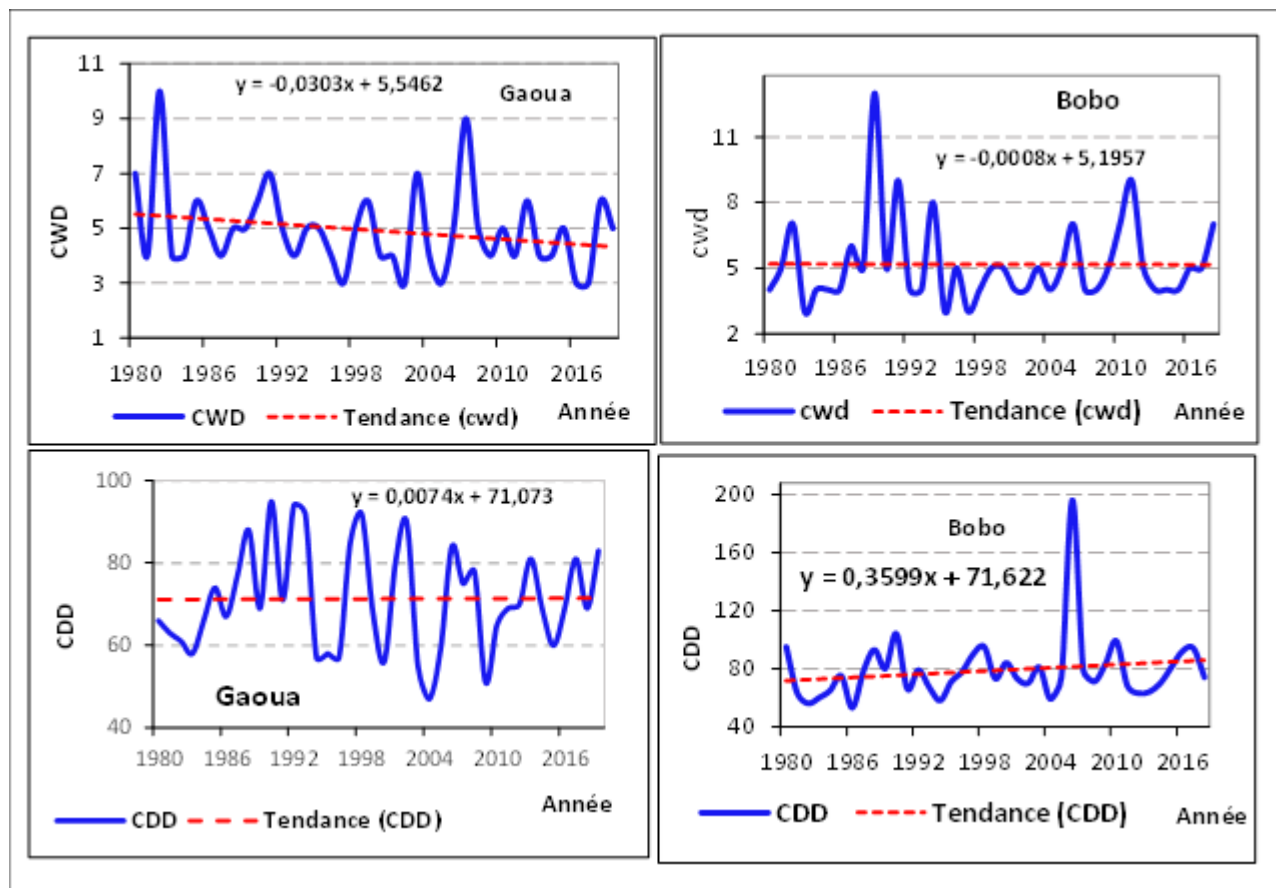


**Fig.4 : Indice de jours tres humides et extremement humides**  
**Source : ANAM, 2020**

La figure 4 montre une tendance a la hausse du nombre de jours tres humides et extremement humides aux stations de Bobo-Dioulasso et de Gaoua. Contrairement a l'intensite des fortes pluies qui evoluent en sens inverse au niveau de ces deux stations, leur frequence evolue dans la meme direction. Bien que les pentes des droites de tendance soient faibles, ce resultat indique tout de meme que les fortes pluies (les pluies tres fortes et extremement fortes) sont de plus en plus frequentes dans le secteur d'etude au cours de la periode 1980-2019.

➤ **Evolution des indices de duree:-**

La duree des episodes d'extremes pluviometriques est donnee par les indices du nombre maximal de jours pluvieux consecutifs (CWD) et secs consecutifs (CDD). La figure 5 donne une vue d'ensemble de leur evolution au cours de la periode d'etude dans la zone Ouest du Burkina Faso.



**Fig.5 : indice du nombre maximal de jours pluvieux et secs consecutifs**  
Source : ANAM 2020

L'indice CWD determine le nombre maximal des jours pluvieux consecutifs. La pente negative des droites de tendance des courbes indique une baisse bien que faible de cet indice sur la periode d'etude. Ses valeurs ont varie entre 3 et 13 jours dans le secteur d'etude. A Gaoua, le plus grand nombre de jours consecutivement humides est observe en 1991 et 2003 avec 7 jours. A Bobo, les valeurs ont varie entre 13 jours en 1989 et 3 jours en 1983, 1995 et 1997. L'indice CDD materialise quant a lui le nombre maximal des jours secs consecutifs. La droite de tendance montre une hausse de cet indice a la station de Gaoua et de Bobo-Dioulasso. Le plus grand nombre de jours consecutivement secs a Gaoua au cours de la periode d'etude est de 92 et est observe en 1993 ; tandis que le plus petit nombre qui est de 47 est observe en 2004. A Bobo-Dioulasso, le plus grand nombre de jours consecutivement secs est de 196, enregistre en 2006 et le plus petit nombre, 53 est observe en 1986. Ainsi, le secteur d'etude connait une augmentation du nombre de sequences seches et une baisse du nombre de jours de sequences pluvieuses. Cet etat de fait temoigne egalement d'un rallongement de la saison seche au detriment de celle pluvieuse qui se raccourcit dans cette partie du pays.

#### **Tendances et probabilité d'occurrence des pluies extremes :-**

##### ➤ **Recherche de rupture et de la significativité des tendances des pluies extremes:-**

La recherche de rupture consiste a verifier s'il y a eu ou pas des ruptures de stationnarite a l'augmentation ou a la diminution dans une serie de donnees analysees. Quant au test de tendance, il permet d'examiner la presence ou l'absence d'une tendance lineaire dans une chronologie de donnees et d'en evaluer le degre de significativité. Les resultats de ces tests appliques aux series constituees sont synthetises dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Synthèse des résultats des tests statistiques d'homogénéité des séries étudiées**

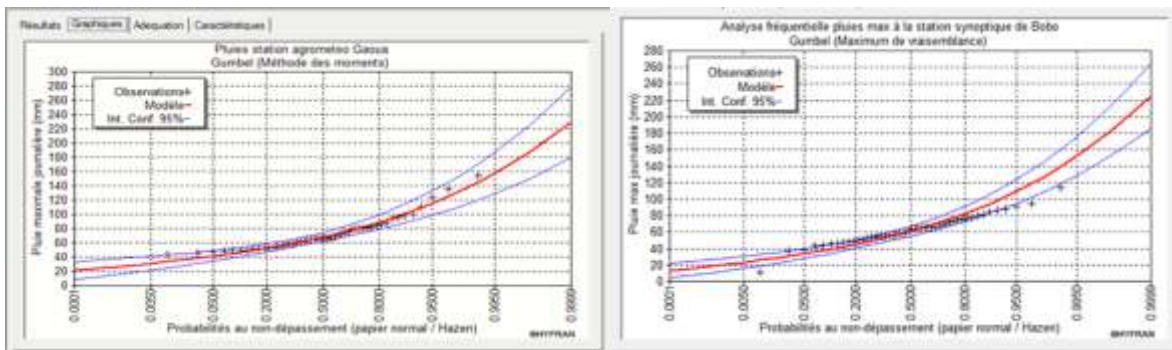
Identification			Tests d'homogénéité		Tests de tendance
Stations	Indices	Periode	Pettitt : rupture	annee de	Mann-Kendall : Significativité de la tendance
Station synoptique de Gaoua	SDII	1980-2019	Neant		*(+)
	Rx1day	1970 -2019	Neant		*(-)
	Rx3day	1980 -2019	Neant		*(+)
	PRCPTOT	1980 -2019	Neant		*(+)
	R95p	1980 -2019	Neant		*(+)
	R99p	1980 -2019	Neant		*(+)
Station synoptique de Bobo	SDII	1980 -2019	Neant		*(-)
	Rx1day	1970 -2019	Neant		*(+)
	Rx3day	1980 -2019	Neant		*(-)
	PRCPTOT	1980 -2019	Neant		*(+)
	R95p	1980 -2019	Neant		*(+)
	R99p	1980 -2019	Neant		*(+)

Source : ANAM 2020 ; NB : (\*) : pas de tendance ; (\*\*) : tendance significative ; (+) : hausse ; (-) :baisse

Les résultats des tests montrent une absence de rupture dans les séries de données analysées. En clair, aucune série des indices n'a enregistré une rupture de stationnarité sur la période d'étude. Aussi, aucun indice n'a connu une tendance significative à la hausse ou à la baisse entre 1980 et 2019. Après l'analyse de l'intensité et de la fréquence des fortes pluies, leur mode de dispersion temporelle est abordée dans la section suivante.

➤ **Mode de distribution temporelle des pluies extrêmes:-**

L'analyse fréquentielle à travers le modèle Gumbel permet de déterminer les probabilités d'occurrence et les périodes de retour des événements extrêmes. Le test montre que les pluies journalières maximales par an des stations de Gaoua comme de Bobo s'ajustent bien à la loi de Gumbel (fig.6). Le test d'adéquation du  $\chi^2$  est valide au seuil de signification de 5% avec une p-value de 0,3675 à la station de Gaoua et 0,1351 à Bobo.



**Fig. 6 : Ajustement des pluies journalières maximales à la loi de Gumbel Gaoua et Bobo (1970- 2019)**

Source : ANAM, 2020

La loi de Gumbel peut alors être utilisée pour estimer les probabilités d'apparition et les périodes de retour des pluies extrêmes. Les pluies journalières très fortes qui sont de l'ordre de plus de 38,80 mm à Bobo, et de 40 mm et plus ont la possibilité de survenir chaque année. Entre 1980 et 2019, 55% de ces pluies ont été enregistrées entre juillet et août à Gaoua. A Bobo, environ 80 % de ces pluies sont survenues entre août et septembre. Quant aux pluies journalières extrêmement fortes qui sont celles supérieures ou égales à 63,5 mm et 65 mm à Bobo et à Gaoua respectivement, elles ont une période estimative de retour de 02 ans.

## Discussion:-

Les résultats obtenus des analyses montrent des tendances non significatives des différents indices d'extrêmes pluviométriques sur la période d'étude (1980-2019). Aussi, aucun de ces indices n'a enregistré une rupture de stationnarité sur cette période. Les indices relatifs à la fréquence des fortes pluies affichent tous une tendance non significative à la hausse. Ces augmentations sont faibles de 0,05 jours et 0,02 jours par an pour les jours très humides (R95p) au niveau des stations de Gaoua et de Bobo-Dioulasso respectivement ; et de 0,02 jours et 0,003 jours par an pour les jours extrêmement humides (R99p). Quant aux indices relatifs à l'intensité, l'on note une évolution disparatée d'un indice à l'autre et en fonction des stations. Pendant que les pluies journalières maximales annuelles, exprimant l'intensité journalière des pluies, connaissent une faible augmentation de 0,19 mm/an à Bobo, c'est une baisse qui est notée à la station de Gaoua dans la même proportion. Par contre, la lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie, ainsi que le cumul maximum de trois jours consécutifs de pluie, qui expriment également l'intensité des pluies, sont tous en baisse à Bobo, mais en hausse à Gaoua. Les conditions moyennes de pluviométrie caractérisées par l'indice des totaux annuels de pluie affichent une tendance non significative à la hausse dans les deux stations. Toutefois, cette tendance est plus forte à Gaoua qu'à Bobo.

Au regard de ces résultats, l'on doit retenir que la fréquence des fortes pluies tendent à la hausse dans le domaine climatique sud-soudanien à l'Ouest du Burkina Faso. Aussi, les disparités constatées dans le sens d'évolution de la fréquence et de l'intensité des fortes pluies montrent que ces phénomènes extrêmes, tout comme d'autres variables pluviométriques, connaissent également une variabilité spatiale. Ces résultats sur la fréquence des fortes pluies sont plus ou moins en accord avec ceux de LAME (2012). En effet, analysant 10 indices pluviométriques caractéristiques de fréquence et de l'intensité des fortes pluies, l'auteur montre, qu'aucun de ces variables ne présente une tendance significative sur la période 1980-2010 à la station de Bobo-Dioulasso et de Gaoua. En effet, pour ce qui concerne les fréquences, l'auteur a mis en évidence une tendance non significative à la hausse des jours très humides dans deux des trois stations synoptiques les plus suivies et les plus représentatives du domaine sud-soudanien du pays, à savoir celles de Gaoua et de Pô. À la station de Bobo par contre, c'est une tendance à la baisse qui a été révélée. À contrario, Kagambega (2021), analysant cette même variable sur la période 1985-2017 met en exergue une tendance à la hausse à la station de Bobo-Dioulasso. Pour leur part, Koala et al. (2023), ont montré une légère tendance à la baisse de cette variable sur la période 1988-2017 à la station de Pô. À la station de Ouagadougou et Ouahigouya dans les domaines nord-soudanien et sahelien respectivement, Koala S. et al. (idem), révèlent une tendance significative à la hausse. S'agissant des jours extrêmement humides, LAME (2012), montre une tendance à la baisse à la station Gaoua et de Bobo, ce qui est contradictoire aux résultats de cette étude.

Toutefois, à la station de Pô, l'auteur signale une tendance à la hausse sur la même période. Les analyses de Kagambega (2021), révèlent également une tendance à la baisse de cette variable à Bobo sur la période 1985-2017, tandis que sur la période 1988-2017, elle affiche une tendance à la hausse à Pô selon Koala et al. (2023). Cette tendance devient plus forte à la station de Ouagadougou et Ouahigouya situées dans les domaines nord-soudanien et sahelien respectivement. Vraisemblablement, ces disparités dans la tendance d'évolution de la fréquence des fortes pluies pourraient s'expliquer par la différence des périodes concernées par les analyses. En outre, il est clair que cette fréquence varie d'une station climatique à l'autre, d'un domaine climatique à l'autre, et parfois suivant l'indice d'extrême utilisé. Par ailleurs, la fréquence des fortes pluies journalières, au regard des travaux de plusieurs auteurs (Kabore et al., 2017 ; Koala et al., 2023) semble plus forte dans les domaines sahelien et nord-soudanien par rapport à celui sud-soudanien où est menée cette recherche. Cet état de fait est relevé par Kabore et al. (2017), qui indiquent que le regain pluviométrique en cours au Burkina Faso est plus prononcé dans la zone sahelienne que celui soudanien, soit +31,7 % contre +22,6 % ; et que ce regain pluviométrique est beaucoup plus lié à la hausse des fortes pluies journalières (Kabore et al., 2017). Quant à l'intensité de ces événements, elle connaît une évolution progressive ou régressive selon l'indice et la station considérée. La tendance à la hausse de l'intensité journalière de pluie à Bobo-Dioulasso révélée par les analyses dans cet article est aussi mise en évidence par Guelbeogo et al. (2023), sur la période de 1988 à 2018, et par Kagambega, (2021), sur la période de 1988-2017. Mais, sur la période 1980-2010, LAME (2012) a relevé une tendance à la baisse de cet indice à la station de Bobo-Dioulasso et de Gaoua ; et une tendance à la hausse à Pô. Bien entendu, les nuances révélées dans l'évolution de l'intensité des fortes pluies par les analyses pourraient également s'expliquer par la différence des séries pluviométriques et des stations climatologiques considérées.

S'agissant du mode de distribution temporelle de ces phénomènes, la modélisation statistique montre que les pluies très fortes (R95p :  $P \geq 40$  mm à Gaoua, et  $P \geq 38,80$  mm à Bobo-Dioulasso) ont la possibilité de survenir chaque année. Sur la série d'étude (1980-2019), 55% de ces types de pluies ont été enregistrées à Gaoua entre les mois de juillet et d'août. À la station de Bobo, environ 80 % de ces pluies ont été enregistrées entre les mois d'août et de septembre. Quant aux pluies extrêmement fortes (R99p :  $P \geq 65$  mm à Gaoua, et  $P \geq 63,5$  mm à Bobo), elles ont une période indicative de retour de 02 ans. Sur la série d'étude, 57% de ces types de pluies sont survenues entre juillet et août à Gaoua. Les pluies journalières rares et très rares de l'ordre de 132,5 mm et de 145,2 mm dont les périodes de retour sont respectivement de 50 ans et 100 ans ont été également

enregistrees. Des hauteurs de pluies journalieres superieures a ces valeurs, soient 135,64mm et 154,4 mm ont ete deja enregistrees a Gaoua en 1991 et 1992 respectivement. A Bobo-Dioulasso, ces pluies extremement fortes sont plus ou moins disperseees tout au long de la saison pluvieuse. En effet, seulement 44% de ces pluies surviennent entre août et septembre, et le reste sur les autres mois de la saison pluvieuse. La plus forte valeur de pluie journaliere a Bobo est de 114mm et enregistree en septembre 2015. De telles hauteurs de pluies journalieres tombees dans cette zone induisent des risques d'inondation par stagnation d'une part, et d'autres part, une forte erosion et la destruction des cultures par les eaux de ruissellement. Par ailleurs, tout porte a croire que les evenements pluviometriques extremes sont plus frequents pendant la pleine saison pluvieuse (juin-septembre). Cet etat de fait est mentionne par OUANDE (2021), dans la zone de Bobo-Dioulasso où il note que les pluies extremes, du moins celles superieures a 45 mm surviennent autour de la 1<sup>re</sup> decade du mois de juin jusqu'a la 1<sup>re</sup> decade de septembre ; tandis que les valeurs records ( $P > 100\text{mm}$ ) sont observees entre fin juillet et la deuxieme decade du mois d'août. Dans la zone de Bagre qui beneficie d'un climat de type nord-soudanien YANOGO (2012) a rappele que les pluies extremes etaient surtout frequentes durant les mois de mai a septembre au cours de la periode 1969-2008. Pour ce qui est de la duree des evenements pluviometriques extremes, il ressort de façon globale que le secteur d'etude connait une augmentation du nombre de jours des sequences seches, une baisse du nombre de jours de sequences pluvieuses et d'un rallongement des saisons seches au detriment de la saison pluvieuse.

### **Conclusion:-**

Cette etude a eu pour objectif la caracterisation de l'evolution tendancielle et le mode de d'occurrence des evenements pluviometriques extremes dans le domaine sud-soudanien a l'Ouest du Burkina Faso sur la periode de 1980 a 2019. Elle a revele globalement une tendance a la hausse non significatives des indices caracteristiques de la frequence et de l'intensite des pluies maximales journalieres. Ces pluies connaissent egalement une variabilite spatiale dans le domaine d'etude aussi bien dans leur intensite que dans leur frequence. Ces types de pluies surviennent presque chaque annee dans le secteur d'etude, et dans la majorite des cas, durant la pleine saison des pluies. Cette periode correspondant a differentes phases phenologiques de plusieurs plantes cultivees dans la zone (montaison, floraison, epiaison ou maturation), avec des besoins differents en eau, des pluies excessives au cours de cette periode ne sauraient etre sans dommages pour ces speculations agricoles. L'etude met ainsi en exergue la necessite de mettre en oeuvre un systeme de prevision et de communication sur la survenance de ces evenements des le debut de chaque hivernage afin d'aider les paysans a mieux planifier leurs activites agricoles.

### **References Bibliographiques:-**

1. Autorite du Bassin de la Volta- Organisation Meteorologique Mondiale-Global Water Partnership, Initiative Volta GIC, (2016), Initiative Preparation de Projets de Mise en oeuvre de la Gestion Integree des Crues –GIC- dans le bassin de la Volta et ses six pays riverains. Rapport d'etude, Initiative Volta GIC/RT.2/2016, 158 p.
2. CONASUR, (2009), Bilan des inondations du 1<sup>er</sup> septembre 2009 a nos jours, CONASUR, Burkina Faso, (2009) 25 p.
3. GIZ (2021), Analyse des risques climatiques pour l'identification et la ponderation des strategies d'adaptation dans le secteur agricole du Burkina Faso, rapport d'etude, 170 p.
4. Faiza Hallouz, Mohamed M., Gil M., Hafsa Karahacane, Salah Eddine, Ali R. (2019), Tendances des precipitations et evolution des ecoulements dans un cadre de changement climatique : bassin versant de l'oued Mina en Algerie. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 32 (2), 83–114. <https://doi.org/10.7202/1065202ar>
5. GIEC, (2014), Changements climatiques 2014, Incidences, adaptation et vulnerabilite resumes, foireaux questions et encarts thematiques, contribution du Groupe de travail II au cinquieme Rapport d'evaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'evolution du climat, 222 P.
6. Guelbeogo S., Ouedraogo L., Koala Suzanne, (2023), Manifestations et facteurs de risque d'inondation dans le bassin versant du Kou, au Burkina Faso. *International Journal of Science Academic Research*, Vol. 04, Issue 11, November, 2023 pp. 6637-6643.
7. Institut National de Statistique et de la Demographie (1985 ; 2006 ; 2019), Cinquieme recensement general de la population et de l'Habitat du Burkina Faso ; resultats definitifs et preliminaires.
8. Kabore P.N., Ouedraogo A., Sanon M., Yaka P., Some L. (2017), Caracterisation de la variabilite climatique dans la region du centre-nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie*, vol. 14, pp 82-95.
9. Kagambega P. Z. (2021), Vulnerabilite des sols a l'erosion et les techniques et pratiques endogenes de lutte antierosive dans le bassin versant du Kou, These de doctorat unique de geographie option : gestion des ressources naturelles, universite Joseph KI-ZERBO, 244 p.

10. Koala Suzanne, Dipama J.M., Vissin E.W. (2023), Evolution of extreme rainfall and temperature indices in thenakambe watershed at the bagre outflow (burkinafaso). International Journal of Advanced Engineering and Management Research Vol. 8, No.2;2023 pp 154-169.
11. KodjaD. J.(2018),Indicateurs des evenements hydro climatiques extremes dans le bassin versant de l'Oueme a l'exutoire de Bonou en Afrique de l'ouest, these de doctorat unique de geographie, specialite, Sciences de la Terre et de l'Eau, universite de Montpellier 288p.
12. Koudamiloro O. (2017), Vulnerabilite aux risques hydro-climatiques et strategies d'adaptation des populations dans le bassin versant de l'Oueme a Beterou (Benin), These de doctorat unique de geographie option : gestion des ressources naturelles, universite Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, 274 p.
13. Laboratoire d'Analyses Mathematiques des Equations (2012),Elaboration du PANA Programmatiquedu Burkina Faso : Etudes de modelisation climatique, d'evaluation des risques et analyse de la vulnerabilite aux changements climatiques, rapport d'etude, 193 p
14. Meylan P., Musy A. (1999),Hydrologie frequentielle, Bucarest, editions \*H\*G\*A\*415p
15. Sanogo Fadima (2010),Systemes de production sahelien face aux changements climatiques, memoire de master en geographie, gestion des ressources naturelles, universite de Ouagadougou 104 p.
16. Sarr B., Traore S. (2010),Impacts des changements climatiques sur quelques secteurs cles : impacts sur l'agriculture.Le Sahel face aux changements climatiques, enjeux pour un developpement durable, Centre Regional Agrhymet, bulletin mensuel, Numero special Niamey Niger p 22-24.
17. Secretariat Permanent du Conseil national pour l'Environnement et le Developpement Durable(2010),Troisieme rapport sur l'etat de la vegetation au Burkina Faso, 263p.
18. Tra bi Z. A. (2013), Etude de l'impact des activites anthropiques et de la variabilite climatique sur la vegetation et les usages des sols, par utilisation de la teledetection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc). These pour l'obtention du diplome de Doctorat d'Universite en Geographie ; Specialite : Geographie Physique Universite d'Artois/ Universite Felix Houphouët Boigny d'Abidjan, 192 p.
19. OuandeM. (2021), Recomposition de l'espace hydroamenage de la commune rurale de Bama (ouest du Burkina Faso)These de doctorat unique de geographie option : aménagement du territoire, Universite Joseph KI-ZERBO 415p.
20. Yanogo P. I. (2012),Les strategies d'adaptation des populations aux aleas climatiques autour du Lac Bagre (Burkina Faso). These de Doctorat Unique de Geographie Option : Gestion de l'Environnement, Specialite : Geoscience de l'Environnement et Amenagement de l'espace, Universite d'Abomey-Calavi, 254 p.