



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Gnamba Franck Maxime,
Kpan Oulai Jean Gautier,**

Département de Géosciences, UFR des Sciences
Biologiques

Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo,
Côte d'Ivoire

Yapi Assa Fabrice,

Oga Yeï Marie Solange,

Laboratoire des Sciences et techniques de l'eau et
environnement (LSTEE)

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources
Minière

Université Felix Houphouët d'Abidjan, Côte
d'Ivoire

Submitted: 23 September 2020

Accepted: 24 November 2020

Published: 30 November 2020

Corresponding author:

Franck Maxime Gnamba

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n33p169](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p169)

 Copyright 2020 Gnamba et al.
Distributed under Creative Commons
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Gnamba F, Gautier K, Y Fabrice, Solange Y
(2020). Variabilité Pluviométrique Dans La Région
De Katiola Au Nord De La Côte D'ivoire (Afrique
De L'Ouest). *European Scientific Journal, ESJ*, 16
(33), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p169>

Variabilité Pluviométrique Dans La Région De Katiola Au Nord De La Côte D'ivoire (Afrique De l'Ouest)

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence, la variabilité dans les séries pluviométriques de la région de Katiola, située au nord de la Côte d'Ivoire. Pour ce faire, des données de pluviométrie couvrant la période de 1949 à 2013 ont été utilisées. La méthodologie adoptée est basée sur le calcul de l'indice pluviométrique de Nicholson, et des tests statistiques de détection des ruptures et tendance (test de Pettitt, test de tendance de Mann-Kendall). Les résultats obtenus indiquent que sur la période déterminée, les hauteurs pluviométriques annuelles oscillent entre 550 et 2000 mm avec une valeur moyenne annuelle d'environ 1107 mm. L'analyse du graphe de variation de l'indice pluviométrique de Nicholson, met en évidence l'existence de deux sous-périodes. D'une part, une sous-période humide de 1949 à 1968 avec un excédent pluviométrique de 13,16% par rapport à la moyenne et d'autre part, une sous-période sèche de 1969 à 2013, marquée par les indices pluviométriques les plus négatifs avec un déficit de 7,13%. La Méthode du test statistique de Pettitt appliquée à la série chronologique révèle une rupture à partir de l'année 1968. Les résultats obtenus confirment donc l'existence de variabilité et de rupture dans les séries pluviométriques de la région de Katiola depuis la fin des années 1960.

Subject: Hydrologie/Sciences de la Nature

Mots clés : Variabilité, Rupture, Série pluviométrique, Katiola, Côte d'Ivoire

Rainfall Variability From Katiola Region In The North Of Côte d'Ivoire (West Africa)

Gnamba Franck Maxime,

Kpan Oulai Jean Gautier,

Département de Géosciences, UFR des Sciences Biologiques
Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

Yapi Assa Fabrice,

Oga Yeï Marie Solange,

Laboratoire des Sciences et techniques de l'eau et environnement (LSTEE)
UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minière
Université Felix Houphouët d'Abidjan, Côte d'Ivoire

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n33p169](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p169)

Abstract

The aim of this study is to highlight variability and breaks in the rainfall series from Katiola region located in the North part of Côte d'Ivoire. For the purposes of this study, rainfall data during 1946 to 2013 period were used. The methodology is based on the calculation of Nicholson's rainfall index and statistical tests of breaks detected and for trend (Pettitt's test and Mann Kendall's test). The results obtained indicate that annual rainfall height varied between 550 and 2000 mm with a mean value of 1107 mm. Analysis of the variation curve of the pluviometry index shows two sub-periods, a wet sub-period from 1949 to 1968 with a rainfall excess of 13.16% compared to the average, and a dry sub-period from 1969 to 2013 with most negative rainfall index and a deficit 7.13%. Pettitt statistical tests applied to rainfall time series reveals a break from the year 1968 onwards. The results obtained confirm the existence of variability and break in rainfall series from Katiola region, since the end of 1960s year.

Keywords: Variability, Break, Rainfall Series, Katiola, Côte d'Ivoire

Introduction

En raison de leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel et sur l'homme, 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 (Amani et al.

2010). Ainsi, en Afrique de l'Ouest de façon générale et en Côte d'Ivoire en particulier, la variabilité des conditions climatiques est abondamment documentée (Paturel et al. 1996 ; Servat et al. 1999 ; Kouassi et al. 2010 ; Amani et al. 2010 ; Kaboré et al. (2017) ; Oueslati et al. 2017 ; Bambara et al. 2019)

La plupart des travaux sur l'analyse de la variabilité climatique en Afrique de l'Ouest portent sur les précipitations en raison de leur importance dans le climat pour les populations et les écosystèmes (Bodian et al 2011 ; Bodian, 2014 ; Yapo et al. 2020). Par ailleurs, certains auteurs estiment que, le régime des précipitations est le facteur principal de la productivité alimentaire et conditionne dans une certaine mesure les disponibilités en eau (Sarr et al. 2013).

Ces études révèlent que depuis la fin des années 1960 ou le début des années 1970, une baisse importante des totaux pluviométriques annuels s'est produite (Bodian, 2014). Cette récession des précipitations, selon plusieurs auteurs a eu globalement des répercussions directe sur les ressources en eau en eau de surface et les écoulements souterrains (Abrate et al. 2013 ; Fossou et al. 2014 ; Fossou et al. 2015 ; N'guessan et al. (2015) ; Faye, 2015 ; Adiaffi et al, 2016 ; Soro et al. 2017 ; Agbanou et al. 2018). Partant de cela, les travaux de Yao et al. 2012 concluent que, les volumes d'eau mobilisés par les aquifères présentent une évolution liée à celle des précipitations. En outre, ces variations climatiques ont également entraîné la modification des écosystèmes naturels (Liéno, 2007), et des déséquilibres écologiques importants (Assemian et al. 2013).

En Côte d'Ivoire, cette variabilité des conditions climatiques a d'abord affecté le Nord, puis progressivement s'est étendue vers le centre et enfin sur le littoral. Ces anomalies pluviométriques constatées depuis près de quatre décennies ont connu une résonance exceptionnelle dans les régions nord et centre du pays. Selon Savané (1997), dans la région Nord de la Côte d'Ivoire, l'effet de ces récessions pluviométriques a une répercussion sur les conditions de vie économique et sociale des populations. Cependant, au-delà des régions Nord et centre, c'est pratiquement, la totalité du territoire ivoirien qui présente une vulnérabilité importante face aux déficits pluviométriques (Amani et al. 2010).

En définitive, cette perturbation dans le régime des pluies, comme des écoulements, a des conséquences non négligeables voire tragiques sur les projets de développement liés à l'agriculture et sur le bon fonctionnement des aménagements réalisés antérieurement à ces changements climatiques (Paturel et al. 1995).

Dans ce contexte, caractériser l'impact de la variabilité climatique sur les régimes pluviométriques devient alors indispensable pour proposer des solutions adaptées aux projets de développement (Amani et al. 2010).

Cette étude s'inscrit dans cette optique. Elle a pour objectif de caractériser la variabilité et la rupture dans les séries pluviométriques de la région de Katiola, entre 1949 et 2013. La caractérisation de la variabilité climatique se fonde sur l'analyse statistique de séries chronologiques de précipitation sur une longue période possible, et la détection de ruptures sur quelques tests statistiques utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques.

1. Cadre d'étude et contexte climatique

1.1. Cadre Géographique

La zone d'étude est située au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire et à environ 50 km de Bouaké. Elle est le chef-lieu de la région du Hambol qui compte trois départements (Katiola, Dabakala, Niakaradougou), et est comprise entre les longitudes 4°75 et 5°75 Ouest et les latitudes 7°95 et 9°45 Nord (Figure 1). Elle s'étend sur une superficie de 9452 km² soit environ 3% de la superficie totale du territoire. Le dernier recensement de 2014 indique une population estimée à 429 977 habitants (RGPH, 2014). La région est drainée par deux principaux fleuves et leurs affluents qui constituent des limites naturelles du département, le Bandama et ses affluents (Bou, Naramou, Nabion, etc) à l'Ouest et le N'Zi et ses affluents (Loho, Kiohan, etc) à l'Est (Figure 2).

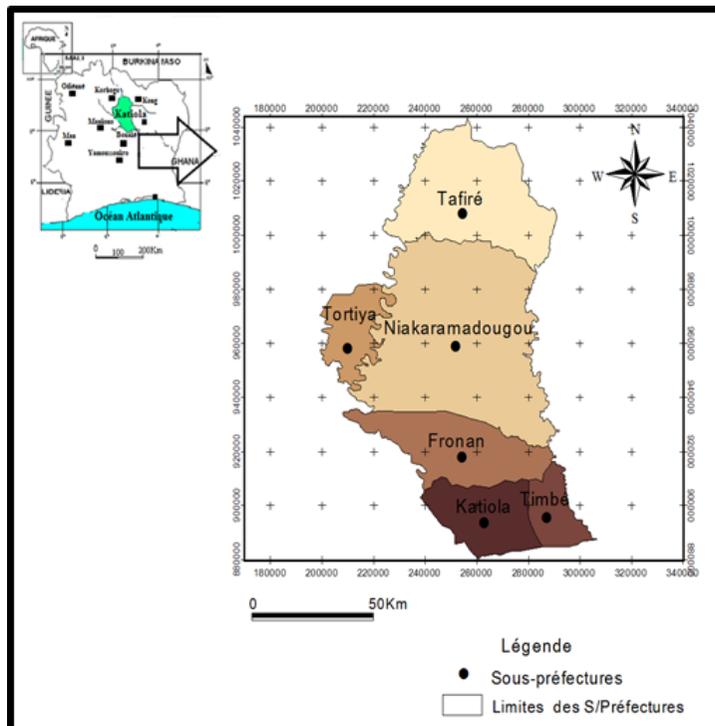


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

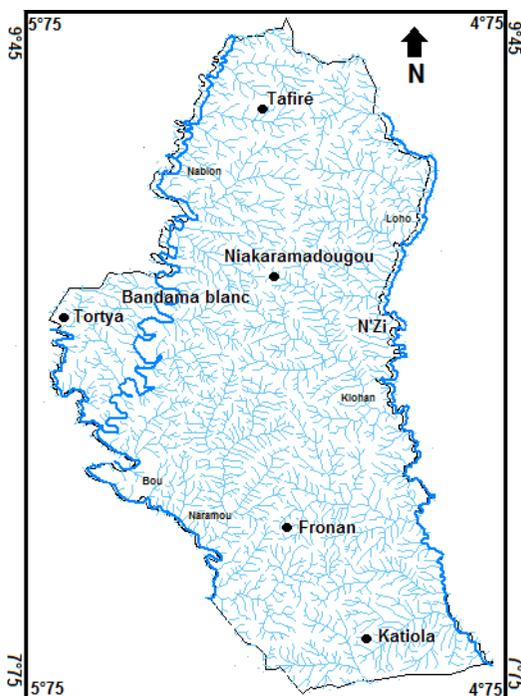


Figure 2 : Carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

1.2. Caractères généraux du climat

Le contexte climatique de la région dérive de l'interface entre climat soudanien et guinéen. La température moyenne de l'air varie très peu (23 à 27°C). L'amplitude journalière est assez faible en saison des pluies (7°C), mais elle devient importante en période d'harmattan (15°C). La pluviométrie mensuelle de la région est caractérisée par deux grandes saisons (Figure 3) :

- d'avril à octobre qui correspond à la saison des pluies avec le maximum de pluies en septembre (193 mm). Au mois de juillet, on a une légère baisse des précipitations (112 mm) ;
- de novembre à mars, c'est la saison sèche caractérisée par une très forte baisse de la pluviosité. Les mois de décembre et janvier sont les mois les plus secs avec respectivement 20 mm et 10 mm de pluies.

La période pluvieuse est donc répartie sur 7 mois et est beaucoup plus importante que celle des régions situées plus au nord (Poss, 1982).

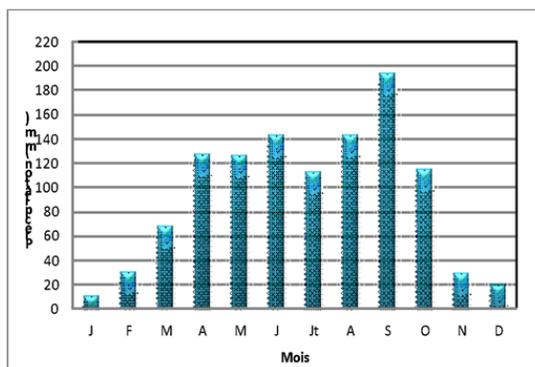


Figure 3: Pluviométrie moyenne mensuelle de la région de Katiola

2. Matériel et méthodes

2.1. Données

Les données climatiques utilisées ont été fournies par la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Elles proviennent de la station pluviométrique de Katiola visible à la figure 4. La chronique des précipitations en mm couvre la période 1949 à 2013 et correspond à des données mensuelles.

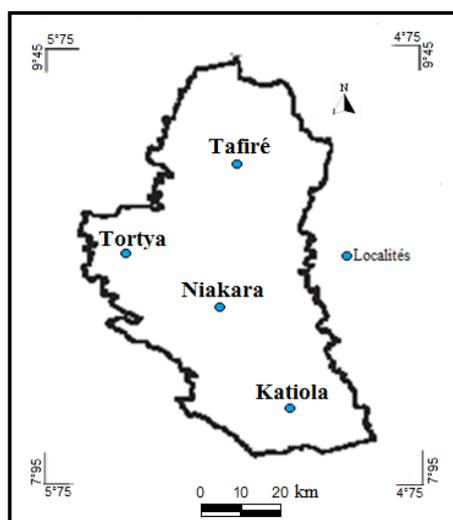


Figure 4 : Répartition des stations pluviométriques de la région de Katiola

2.2. Méthodes

2.2.1. Calcul de l'indice pluviométrique annuel par la méthode de Nicholson

La méthode de calcul de l'indice pluviométrique moyen a permis d'analyser la variabilité temporelle des précipitations de Katiola. Elle donne des informations sur les principales périodes excédentaires (humides) ou

déficitaires (sèches). L'indice pluviométrique moyen est donné par la formule de Nicholson (1980) :

$$I_p = \frac{P_i - P_m}{\sigma} \quad \text{Éq. 1}$$

I_p : représente l'indice pluviométrique

P_m : représente le module pluviométrique interannuel pendant la période d'enregistrement exprimée en millimètre (mm) ;

P_i : est la hauteur totale de pluie au cours de l'année i exprimée en millimètre (mm)

σ : est l'écart-type de la pluviométrie annuelle.

2.2.2. Détection de rupture dans le régime pluviométrique (Test de Pettitt 1979)

C'est un test statistique beaucoup utilisé en hydroclimatologie. Son application consiste à diviser la série étudiée en deux sous-échantillons respectivement de taille M et N . Les valeurs des deux échantillons sont regroupées et classées par ordre croissant. La somme des rangs des éléments de chaque sous-échantillon dans l'échantillon total est calculée. Une statistique est définie à partir des deux sommes ainsi déterminées, et testée sous l'hypothèse nulle d'appartenance des deux sous-échantillons à la même population. L'absence de rupture dans la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle (Pettitt, 1979).

La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N , les séries chronologiques (X_i) pour $i=1$ à t et $t+1$ à N appartiennent à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable $U(t, N)$ définie par l'équation :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^n D_{ij} \quad \text{Éq. 2}$$

avec $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - Y_j)$;

tel que $(Z) = 1$ si $Z > 0$; 0 si $Z = 0$ et -1 si $Z < 0$

Lorsque l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable U_t, N . Le test de Pettitt détermine la rupture principale c'est-à-dire, la plus significative au sein d'une série chronologique de données hydroclimatiques.

2.2.3. Test statistique de tendance de Mann-Kendall (Kendall, 1975)

Le test non-paramétrique de Mann-Kendall permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée. Soit la série $X_t = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, la normale standard multivariable U_{MK} se définit comme suit :

$$U_{MK} = \frac{s}{\sqrt{\text{Var}(s)}}$$

Eq. 3

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

Éq. 4

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

Éq. 5

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18}$$

Éq. 6

Où S désigne la relation entre le nombre de paires d'observation, et n est le nombre total d'échantillons. Dans ce test l'hypothèse nulle H0 « absence de tendance » est acceptée si la P.value est supérieur à 5%. Le sens de la tendance est défini par le coefficient statistique "U_{MK}". Si U est positif, la tendance est à la hausse, mais si U est négatif, la tendance est à la baisse.

3. Résultats et Discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Variation interannuelle de la pluviométrie

Les hauteurs pluviométriques annuelles (Figure 5) oscillent entre 550 et 2000 mm avec une valeur moyenne annuelle d'environ 1107,1 mm. L'année la plus déficitaire est 2001, où il est tombé 557,27 mm de pluies. Contrairement l'année la plus humide de la chronique est 1963, au cours de laquelle il est tombé près de 1925,6 mm de pluies. On a pu également enregistrer sur la période étudiée de fortes valeurs de pluviométrie largement au-dessus de la moyenne annuelle à certaines années. Il s'agit des années 1952, 1957, 1966, 1968 et 2012, avec respectivement 1686, 1515, 1593, 1620 et 1503 mm de pluies. On note aussi que 32 années ont des valeurs au-dessus de la moyenne, tandis que 33 années ont des valeurs en dessous de la moyenne annuelle qui est de 1107,1 mm.

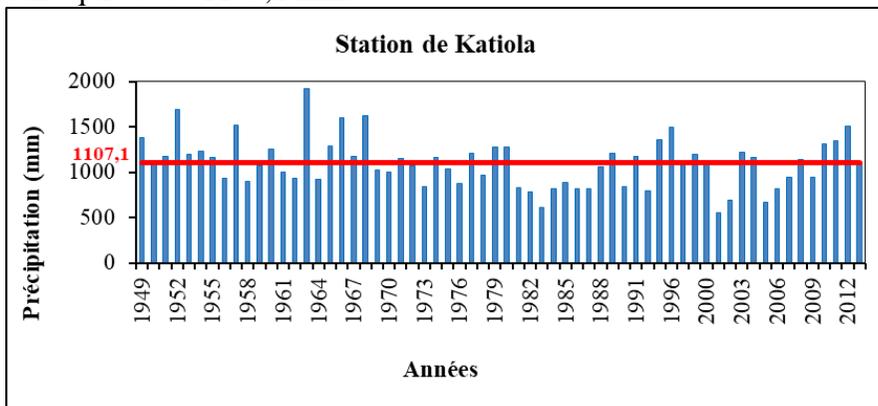


Figure 5 : Variations interannuelles de la pluviosité à la station de Katiola (1949-2013)

3.1.2. Analyse de la variation des indices pluviométriques annuels (IP)

L'analyse de l'histogramme de la variation interannuelle des indices pluviométriques met en évidence l'existence de deux grandes sous-périodes (Figure 6) :

- la sous-période de 1949 à 1968 (19 ans) correspond à une période relativement très humide avec des valeurs d'indice pluviométrique globalement positives. Des années extrêmement humides se distinguent de la série avec des valeurs d'indice supérieures à 2, il s'agit de 1952 (2,19) et 1963 (3,03). Cette sous-période se caractérise aussi par une pluviométrie annuelle supérieure à la valeur moyenne de toute la période étudiée (1949-2013). La séquence 1963-1968 est la plus arrosée.
- la sous-période de 1969 à 2013 (44 ans) correspond quant à elle, à une période modérément sèche avec des indices I_p présentant de façon continue des valeurs négatives proches de -1 ou inférieurs. Des années extrêmement sèches se distinguent avec des valeurs d'indices proches de -2 et moins, il s'agit de 1983 (-1,83) et 2001 (-2,03). La séquence 1981-1988 est tranche la plus sèche.

Une courte séquence intermédiaire est identifiable entre les deux tranches. Elle s'étale de 1969 à 1978 et est caractérisée par une alternance régulière d'années sèches et humides. La tendance correspondrait à une période équilibrée où les valeurs des indices sont proches de 0.

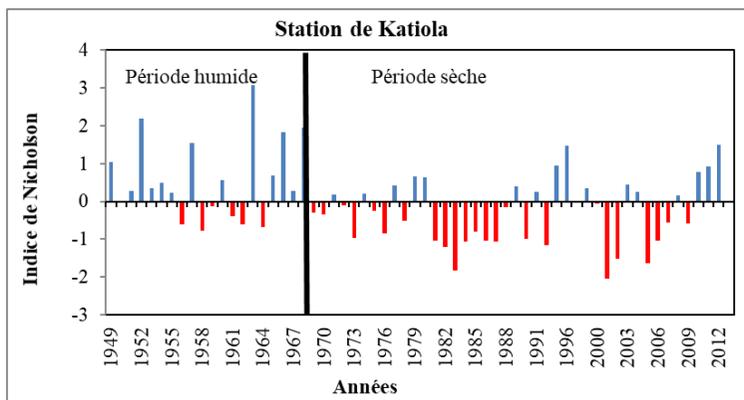


Figure 6 : Indices pluviométriques annuelles de Nicholson à la station de Katiola (1949-2013)

3.1.3. Variation des pluies moyennes décennales

Le graphe de la figure 7 présente la variation des moyennes annuelles des pluies par classe de 10 ans sur la période de 1950 à 2009. L'examen du graphe indique que la plus forte valeur décennale des moyennes annuelles des pluies (1272 mm) correspond à la décennie 1960-1969. C'est la décennie la plus arrosée de la chronique. Elle est suivie de la décennie 1950-1959 avec

environ 1198 mm de pluies. Par contre, la plus faible valeur décennale (911 mm) est obtenue durant la période 1980-1989. Cette décennie correspond à la période, la plus sèche de la chronique. Elle est suivie de la décennie 2000-2009 avec une moyenne annuelle décennale de 924 mm. L'écart entre la valeur décennale la plus élevée et la plus faible correspond à déficit pluviométrique de 361 mm. La tendance générale qui se dégage est une baisse des précipitations depuis la fin des années 1960.

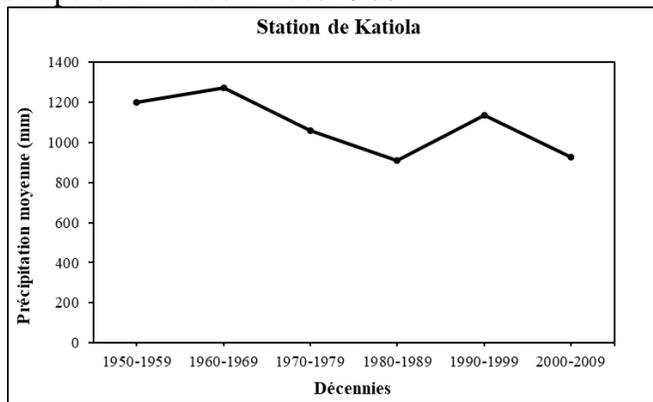


Figure 7 : Moyenne mensuelles des pluies par classes de 10 ans (1950-2009)

3.1.4. Mise en évidence des ruptures dans la série pluviométrique (Test de Pettitt)

Les fluctuations de la variable U du test de Pettitt, calculées pour chaque année de la chronique 1949-2013 au niveau de la station de Katiola sont illustrées par la figure 8. La rupture déterminée à un degré de signifiante égal à 1% par le test de Pettitt, est très significative en 1968. Ainsi, de 1949 à 1968, la pluviométrie moyenne annuelle est de 1253 mm. Cette sous-période est donc la plus pluvieuse avec une forte occurrence des valeurs élevées comme 1952 (1686 mm), 1963 (1926 mm) et 1968 (1620 mm).

A contrario, la sous-période 1969 à 2013 (post rupture) avec une moyenne annuelle de 1028,1 mm, est caractérisée par l'occurrence des années déficitaires comme 1983 (613 mm), 1986 (822 mm), 1987 (819 mm) et 2001 (557 mm). Elle caractérisée donc par une tendance à la baisse de la pluviométrie que nous confirmerons par un test de tendance.

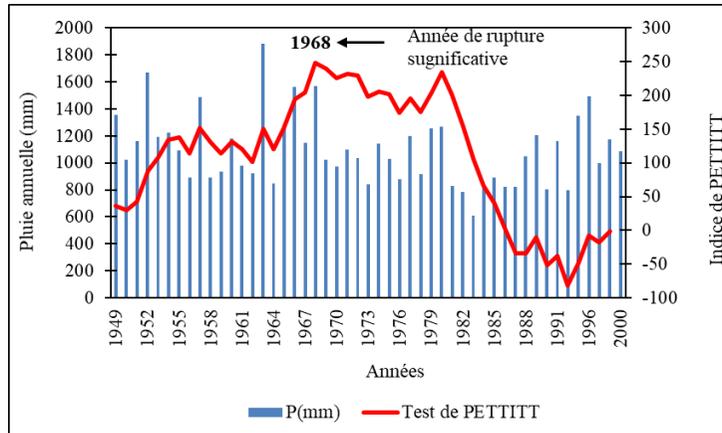


Figure 8 : Résultat du test de Pettitt couplé aux données pluviométriques de la station de Katiola (1949-2013)

3.1.5. Résultats du Test statistique de tendance de Mann–Kendall

Les résultats du test statistique de tendance de Mann–Kendall sont consignés dans le tableau I ci-dessous. Les résultats confirment ceux du test d’homogénéité de Pettitt. En effet, l’analyse du tableau indique une tendance à la baisse de la pluviométrie annuelle à la station de Katiola.

Tableau I : Résultat du test statistique de tendance de la pluviométrie de Mann–Kendall

Test de Mann–Kendall				
Station	P. value	H0 : absence de tendance	U.MK	Sens de la tendance
Katiola	0,044 (4%)	Non	-4,22	Baisse

La valeur de la pente de tendance annuelle (pente de Sen) de la série pluviométrique étudiée (1949 à 2013) est de -4,22, et l’hypothèse nulle H_0 « absence de tendance » est rejetée car la valeur de P. value (0,044) est inférieur à 5%. Le graphe de la figure 9 du pas de temps en rapport avec la pluviométrie, montre bien cette tendance à la baisse de la pluviométrie après application du test de Mann-Kendall.

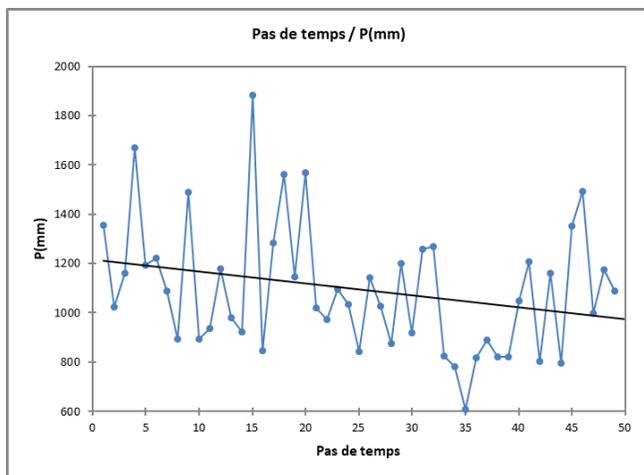


Figure 9 : Illustration de la tendance pluviométrique dans la région de Katiola après application du test de Mann-Kendall

3.2 Discussion

Les représentations graphiques et les méthodes statistiques (indices de Nicholson, test de Pettitt, Segmentation de Hubert, etc.) indiquent une tendance à la baisse de la pluviométrie dans la région de Katiola. Cette baisse de la pluviométrie est mise en évidence par les indices de Nicholson et le test d'homogénéité de Pettitt à partir de 1969 (période sèche 1969-2013). Les études menées dans le Sud par Brou (2005), Ahoussi (2008), Saley et *al.* (2009), Aké (2010), Assoma (2013), Oga et *al.* (2016) et Kpan (2017) ont également abouti à la même conclusion à savoir, un déficit pluviométrique. Il est estimé à près de 7,13% contre par exemple, 10 à 31 % dans la région d'Abidjan-Agboville (Ahoussi, 2008) et 24,7 à 44,2 % dans la région de Bonoua (Aké, 2010). Cette tendance à la baisse pluviométrique est générale en Côte d'Ivoire car, outre la région du Sud-Est, d'autres régions ont fait l'objet d'analyses hydroclimatologiques. C'est le cas du Nord où les travaux de Soro et *al.* (2013 a et b) et Soro (2014) ont mis en exergue une raréfaction des précipitations après les années 1960. À l'Ouest, c'est la décennie 1961-1970 qui a été identifiée par Saley (1998), Savané et *al.* (2001), Kouassi (2007) et Kouamé (2011) comme le début de la baisse pluviométrique. Les amplitudes des hauteurs de pluies ont également régressé de 1400 mm à 1150 mm de 1970 à 1990 à l'Est selon Kouakou (2011). Quant aux régions du Sud-Ouest, du Centre et du Centre-Ouest, les années 1960 à 1970 ont enregistré des déficits pluviométriques très importants (Coulibaly, 1997 ; Soro, 2002; Soro et *al.* 2006; Kouassi, 2007 ; Kouassi et *al.* 2010 ; Soro, 2010 ; Diomandé, 2013). Cela confirme les observations faites en Afrique de l'Ouest et du Centre en général par certains auteurs comme Nicholson (1993), Hulme, (1996a), Paturol et *al.* (1996), Servat et *al.* (1999), Ouédraogo (2001), Ardoin-Bardin

(2004), Vissin (2007), Bodian et *al.* (2011), Bodian (2014), Faye et *al.* (2015), etc. Ces auteurs situent le début de la sécheresse en Afrique de l'Ouest aux alentours de 1969-1970. Celle-ci se manifeste par le raccourcissement de la saison des pluies. Au Sénégal, le quinquennat 1980-1984 s'est illustré à 39,3% par une sécheresse modérée et à 51,5% par une sécheresse forte, caractérisée par une raréfaction intense des pluies (Faye et *al.* 2015). Au Cameroun, on a enregistré une baisse globale des précipitations de 40,16%, soit une diminution des précipitations moyennes de 6,69% par décennie au cours de ces six dernières décennies (Tchindjang et *al.* 2012). Ces précipitations n'ont fait que baisser dans la région de l'Afrique centrale depuis 1973. Cette baisse a été associée aux vents saisonniers du Sahara qui apportent de grandes quantités de sable qui sédimentent dans le lac, provoquant l'apparition de nouvelles îles, et donc l'amenuisement de ce lac. Tout comme les autres régions de l'Afrique, les pays d'Afrique du Nord n'échappent pas non plus à cette variabilité climatique. En Algérie, les travaux de Meddi et Meddi (2007) montrent une baisse des précipitations annuelles qui dépasse 36% dans la région de Mascara et dans l'extrême Ouest. De façon générale, il apparaît de ces différents travaux que la sécheresse est apparue en Afrique et en particulier en Côte d'Ivoire à partir de la fin des années 1960. Au niveau de la station de Katiola, les fluctuations interannuelles de la pluviométrie régionale sont très importantes. Elles traduisent nettement la manifestation de la variabilité climatique.

Les périodes déficitaires ou sèches sont généralement précédées d'une date de rupture. L'année de rupture, déterminée avec la méthode de Pettitt durant les 64 années d'observation de la station de Katiola se situent en 1968. Notons que le test de Pettitt a identifié la rupture significative au seuil de confiance de 1%. Cette rupture s'est opérée dans le sens de la diminution des précipitations au cours de la chronique d'observations, confirmant cette tendance à la baisse déjà annoncée par l'analyse des indices de Nicholson. La rupture montre bien que la région s'intègre à la fluctuation du régime pluviométrique observée à la fin des années 1960 et au début des années 1970 en Afrique de l'Ouest et centrale sahélienne comme non sahélienne (Asseman et *al.* 2013). Cela a pour origine le dérèglement climatique, lié à l'influence défavorable de certains facteurs à caractère synoptique et/ou environnemental, sur le mécanisme de migration du front intertropical (FIT) qui détermine le climat en Afrique de l'Ouest (Péné et Assa, 2003 ; Sultan, 2011). Quant à l'Afrique de l'Est et du Sud, c'est le phénomène d'El Niño qui gouverne les fluctuations des saisons. En effet, les épisodes d'El Niño modifient l'emplacement des ondes troposphériques observées autour du globe. Or, celles-ci ont un impact majeur sur le temps d'une région donnée, et il peut s'en suivre alors des modifications du temps dans de nombreuses parties du globe. Ces modifications engendrent des conséquences, sur la circulation générale atmosphérique, le réchauffement océanique dans le Pacifique tropical. Celle-

ci s'en trouve suffisamment modifiée pour que des changements significatifs du temps sur de nombreuses régions du globe aussi éloignées que l'Afrique soient observés. Selon Goula et *al.* (2006a), les principaux facteurs impliqués dans la genèse des anomalies pluviométriques sont à l'échelle régionale ou globale, traduisant ainsi les notions de variabilité et de changement climatique. Les activités humaines ont très certainement contribué à accroître ce phénomène de sécheresse. En effet, ces dernières décennies, la déforestation y a pris une ampleur considérable qui même si elle ne peut être considérée comme la principale cause de cette sécheresse, ne saurait être étrangère à l'affaiblissement de la pluviométrie annuelle (Aké, 2010). Certes au cours des deux décennies, 1970-1979 et 1980-1989, le caractère déficitaire des précipitations amorcé a pris progressivement de l'ampleur, cependant, elles ont fait place à une reprise de la pluviométrie dans la période 1990-1999 et 2010-2012. Cependant, dans les faits, les périodes d'inversion des précipitations diffèrent d'une région à une autre.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif de caractériser la variabilité et la rupture dans les séries pluviométrique de la région de Katiola entre 1949 et 2013. Les résultats obtenus indiquent que sur la période analysée, les hauteurs pluviométriques annuelles dans la région de Katiola oscillent entre 550 et 2000 mm avec une valeur moyenne annuelle d'environ 1107 mm de pluie. L'analyse des histogrammes de variation de l'indice pluviométrique de Nicholson met en évidence l'existence de deux grandes sous-périodes. Une sous-période humide de 1949 à 1968 avec un excédent pluviométrique de 13,16% par rapport à la moyenne, et une période sèche de 1969 à 2013 marquée par les indices pluviométriques les plus négatifs avec un déficit de 7,13%. La décennie de 1981-1989 est la plus sèche de cette période. L'application des tests statistiques, notamment du test de Pettitt et de Mann-Kendall à la série chronologique, révèle une rupture à partir de l'année 1968 et, une tendance à la baisse dans l'évolution de la pluviométrie de la région. Ces résultats confirment donc que la rupture et la tendance à la baisse dans les régimes pluviométriques, constatée en Afrique de l'Ouest et particulièrement en Côte d'Ivoire vers la fin des années 1960, ont été effectivement marqués dans la région de Katiola.

References:

1. Abrate, T., Hubert, P. et Sighomnou, D. (2013). A study on hydrological series of the Niger River. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 58, N° 2, pp. 1-9.
2. Adiaffi, B., Wango, T. E., Gnamba, F. M., Kpan, O. J. G. et Baka D. (2016). Analyse de la relation pluie-débit dans un contexte de

- variabilité climatique dans la région de Katiola. *IJESI*, Vol 5 (12), pp. 38-45.
3. Agbanou, T. B., Abdoulaye, D., Sabi Orou Bogo, G. A., Paegelow, M. et Tente, B. (2018). Variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin. *Afrique Science*, Vol. 14, N° 3, pp. 182-191.
 4. Ahoussi, K. E. (2008). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 270 p.
 5. Aké, G. E. (2010). Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 191 p.
 6. Amani, M. K., Koffi, F. K., Yao, B. K., Kouakou, B. D., Jean, E. P. et Sekouba, O. (2010). 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 [En ligne], Environnement, Nature, Paysage*, document 513, décembre 2010.
 7. Ardoin-Bardin, S. (2004). Variabilité hydroclimatique et impact sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II (France), 440 p.
 8. Assemian, E. A., Kouamé, F. K., Djagoua, E. V., Affian, K., Jourda, J. P. R., Adja, M., Lasm, T. et Biemi, J. (2013). Étude de l'impact des variabilités climatiques sur les ressources hydriques d'un milieu tropical humide : Cas du département de Bongouanou (Est de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Vol. 26, N°3, pp. 247-261.
 9. Assoma, T. V. (2013). Variabilité hydroclimatique et évaluation des ressources en eau du bassin côtier de l'Agnéby au Sud-Est de la Côte d'Ivoire : apport des outils statistiques, de la modélisation et de la télédétection optique et radar. Thèse de Doctorat de l'Université Felix Houphouët-Boigny de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 224 p.
 10. Bambara, D., Sawadogo, J., Kaboré, O. et Bilgo, A. (2019). Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Vol. 19, N°1, Mars 2019.

11. Bodian, A., Dacosta, H. et Dezetter, A. (2011). Caractérisation spatio-temporelle du régime pluviométrique du haut bassin du fleuve Sénégal dans un contexte de variabilité climatique. *Physio-Géo*, Vol. 5, pp. 116-133.
12. Bodian, A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo*, Vol. 8, pp. 297-312.
13. Brou, Y. T. (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 212 p.
14. Coulibaly, K. M. (1997). Évaluation du bilan hydrologique, de la variabilité climatique et du tarissement des cours d'eau par l'application de méthodes mathématiques dans le bassin versant du fleuve Sassandra (région de Buyo en Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université d'Abobo- Adjamé, Côte d'Ivoire, 74 p.
15. Diomandé, M. (2013). Impact du changement de pluviosité sur les systèmes de production agricoles en zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 190 p.
16. Faye, C. Sow, A. A. et Ndong, J. B. (2015). Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, Vol. 9, N°1, pp. 17-35.
17. Fossou, R. M. N., Soro, N., Traoré, V. B., Lasm, T., Sambou, S., Soro, T., Orou, R. K., Cissé, M. T. et Kané A. (2014). Variabilité climatique et son incidence sur les ressources en eaux de surface : cas des stations de Bocanda et de Dimbokro, Centre-Est de la Côte d'Ivoire en Afrique de l'Ouest. *Afrique SCIENCE* Vol. 10, N°4, pp. 118 – 134.
18. Fossou, R. M. N., Lasm, T., Soro, N., Soro, T., Soro G., De Lasm, O. Z., BAKA, D., Onetie, O. Z. et Orou, R. (2015). Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas des stations de Bocanda et de Dimbokro au Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Larhyss Journal*, N°21, pp. 97-120.
19. Goula, B. T. A., Kouassi, V. J. et Savané, I. (2006a). Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : cas du Bandama en Côte d'Ivoire. *Revue Agronomie Africaine*, Vol. 18, N° 1, pp. 1-11.
20. Hubert, P., Servat, E., Paturel, J.E., Kouame, B., Bendjoudi, H., Carbonnel, J. P. et Lubes-Niel H. (1998). La procédure de segmentation, dix ans après. Proceedings of the Abidjan'98 conférence on the Water Resources variability in Africa during the XXth Century. *IAHS Publ. n° 252*, pp. 267-273.

21. Hulme M. (1996a). Recent climatic change in the world's drylands. *Geophysical research Letters*, Vol. 23, N°1, pp. 61-64.
22. Kaboré, P. N., Ouédraogo, A., Sanon, M., Yaka P. et Somé, L. (2017). Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie*, N° 14, pp. 82-95.
23. Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlations methods*, 4th Ed. Charles griffin, London.
24. Kouakou, K. E. (2011). Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 204 p.
25. Kouamé, K. F. (2011). Influences de la variabilité climatique et de la dégradation environnementale sur le fonctionnement de l'hydrosystème du N'Zo dans la région guinéenne humide et semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire. Contribution de la télédétection, des Systèmes d'Informations Géographiques et du modèle hydrologique HYDROTEL. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles. Université de Cocody. (Abidjan-Côte d'Ivoire), 374 p.
26. Kouassi, A. M. (2007). Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 210 p.
27. Kouassi, A. M., Kouamé, K. F., Koffi, Y. B., Djê, K. B., Paturel, J. E. et Oularé, S. (2010). 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. *Cybergéo: European Journal of Geography, Environment, Nature, Paysage*, N° 513, 29 p.
28. Kpan, O. J. G. (2017). Incidence de la variabilité climatique sur les ressources en eau, le développement agricole et la santé des populations dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire et perspectives : cas de la zone littorale d'Abidjan à Aboisso. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan, 225 p.
29. Meddi H. et Meddi, M. (2007). Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Geographia Technica*, Vol. 2, pp. 49-55.
30. Nicholson, S. E. (1980). The nature of rainfall fluctuations in subtropical West Africa. *Monthly Weather Review*, Vol.108, N°4, pp. 473-487.

31. Nicholson, S. E. (1993). An overview of African's rainfall fluctuation of the last decade. *International Journal of Climatology*, vol.6, pp.1463-1466.
32. N'guessan, J.A., Kouadio, Y. B., et N'daoulé, R. (2015). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur l'alimentation en eau des milieux ruraux du département de Dimbokro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, Vol. 3511, pp. 36-57.
33. Oga, Y.M.S., Adja, M., Yapi, A.F., Kpan, J.G., Baka, D., Yao, K. T. et Biemi, J. (2016). Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (d'Abidjan à Aboisso). *Larhyss Journal*, N°25, pp. 67-81.
34. Ouédraogo, M. (2001). Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II (France), 257 p.
35. Oueslati, B., Camberlin, P., Zoungrana, J., Roucou, P. et Diallo, S. (2017). Variability and trends of wet season temperature in the Sudano-Sahelian zone and relationships with precipitation. *Clim Dyn*, pp. 1-24.
36. Paturel, J. E., Morell, M., Kouamé, B., Boyer, J.F., Lubes-Niel, H. et Masson, J. M. (1996). Procédures d'identification de ruptures dans des séries chronologiques; modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non sahélienne. *Hydrologie tropicale: Géoscience et outil pour le développement (Actes de la conférence de Paris)*, LAHS publication, N° 238, pp. 99-110.
37. Paturel, J. E., Servat, E., Kouamé, B. et Boyer, J. F. (1995). Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne, cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. *Bulletin Sécheresse*, Vol. 6, N°1, pp. 95-102.
38. Péné, B.G. et Assa, D. A. (2003). Variations interannuelles de la pluviométrie et de l'alimentation hydrique de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *Sécheresse*, Vol.14, pp. 143-152.
39. Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28 (2), pp. 126-135.
40. Poss, R. (1982). Etude morpho-pédologique de Katiola (Côte d'Ivoire) Notice explicative N° 94, ORSTOM (Paris), 142 p.
41. RGPH. (2014). Recensement Générale de la population et de l'Habitat 2014, Résultats Globaux, 22 p.
42. Saley, M. B. (1998). Estimation du bilan hydrologique et simulation d'écoulement dans la région de Man : cas du bassin versant de Ko

- (Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA. Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 71 p.
43. Saley, M. B., Tanoh, R., Kouamé, K. F., Oga, M. S., Kouadio, B. H., Djagoua, E. V., Oularé, S., Youan, T. M., Affian, K., Jourda, J. P., Savané, I. et Biemi, J. (2009). Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire), 18 p.
 44. Sarr, M.A., Zorome, M., Seidou, O., Bryant, C. R. et Gachon P. (2013) - Recent trends in selected extreme precipitation indices in Senegal - A changepoint approach. *Journal of Hydrology*, vol. 505, pp. 326-334.
 45. Savané, I. (1997). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Apports de la télédétection et d'un Système d'Information Hydrogéologique à Référence Spatiale. Thèse d'État, Univ. Abidjan, Côte d'Ivoire, 386 p.
 46. Savané, I., Coulibaly, K. M. et Gioan, P. (2001). Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Revue Sciences et changement planétaire-sécheresse*, Vol. 12, N°4, pp. 231-237.
 47. Servat, E., Paturel, J. E., Lubès, N. H., Kouamé, B., Masson, J. M., Travaglio, M. et Marieu, B. (1999). De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol.12, n°2, pp.363-387.
 48. Soro, G. (2010). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines dans la région des lacs (centre de la côte d'ivoire) : hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 301 p.
 49. Soro, G., Yao, A., Kouame, Y. et Bi, Tié. (2017) *Climate Change and Its Impacts on Water Resources in the Bandama Basin, Côte D'ivoire*. *Hydrology*, Vol 4, 18p.
 50. Soro, N. (2002). Hydrochimie et Géochimie Isotopique des eaux souterraines du degré carré de Grand-Lahou et ses environs (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Implication hydrologique et hydrogéologique. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 261 p.
 51. Soro, N., Lasm, T., Kouadio, B. H., Soro, G. et Ahoussi, K. E. (2006). Variabilité du régime pluviométrique du Sud de la Côte d'Ivoire et son impact sur l'alimentation de la nappe d'Abidjan. *Revue Sud Sciences et Technologies*, N°12, pp. 30-40.
 52. Soro, T. (2014). Évolution des ressources en eau du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) dans un contexte

- de variabilité et de changement climatiques : impacts hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques. Thèse Unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 250 p.
53. Soro, T. D., Djè, K. B., Ahoussi, K. E., Soro, G., Kouassi, A. M., Kouadio, K. E., Oga, Y. M. S., Soro, N. (2013a). Climate variability impact on groundwater resources in the Highest Bandama Watershed at Tortiya (Northern Côte d'Ivoire). *American Journal of Environmental Protection*. Vol 2, N° 4, pp. 103-112.
 54. Soro, T. D., Djè, K. B., Ahoussi, K. E., Soro, G., Kouassi, A. M., Kouadio, K. E., Oga, Y.M. S. et Soro, N. (2013b). Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol 13, N°3. <http://vertigo.revues.org/14468>.
 55. Sultan, B. (2011). L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales. Thèse d'habilitation à diriger les recherches, Université Pierre et Marie Curie, France, 137 p.
 56. Tchindjang, M., Amougou, J.A., Abossolo, S.A. et Bessoh, B. S. (2012). Challenges of climate change, landscape dynamics and environmental risks in Cameroon. In Runge J (Ed): *Landscape evolution, neotectonics and quaternary environmental change in Southern Cameroon. Palaeoecology of Africa*, Vol 31, chap. 5, pp. 237-286.
 57. Tyson, P. D., Dyer, T. D. J., and Mametsa, M. N. (1975). Secular changes in South African rainfall: 1880 to 1972. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 101, pp. 817-833.
 58. Vissin, E. W. (2007). Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 280 p.
 59. Yapo, A. L. M., Diawara, A., Kouassi, B. K., Yoroba, F., Sylla, M. B., Kouadio, K., Tiémoko, D. T., Koné, D. I., Akobé, E. Y. et Yao, K. P. A. T. (2020). Projected changes in extreme precipitation intensity and dry spell length in Côte d'Ivoire under future climates. *Theoretical and Applied Climatology*. DOI: [10.1007/s00704-020-03124-4](https://doi.org/10.1007/s00704-020-03124-4).