Afrique SCIENCE *21(1) (2022) 195 - 206*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

Variation saisonnière de la pluviométrie au Centre-Est de la Côte d'Ivoire dans le département de M'bahiakro

Rosine Marie N'guessan FOSSOU[1*], Inza COULIBALY[1], Rodrigue Kotchi OROU[2], Simone DOSSO[1] et Lanciné Droh GONE[1]

[1] *Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE), Laboratoire Géosciences et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*
[2] *Université San Pedro, UFR Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-Industrie (ARHAI), BP V1800 San Pedro, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 10 Juin 2022 ; Accepté le 28 Juillet 2022)

* Correspondance, courriel : *dellia120@yahoo.fr*

Résumé

Cet article étudie la variation saisonnière de la pluviométrie au centre-est de la Côte d'Ivoire dans le département de M'bahiakro. Les données utilisées sont les séries mensuelles de pluies (1945 - 2000) de la station de M'bahiakro. La méthodologie consiste à appliquer des tests statistiques (homogénéité et tendance) sur les séries chronologiques mensuelles de pluie afin d'identifier laquelle des deux saisons de pluie a impacté la baisse de la pluviométrie annuelle. Les résultats montrent que la pluviométrie annuelle de la zone d'étude est caractérisée par une alternance de période excédentaire de 1945 à 1974 et déficitaire 1975 à 2000. La variabilité pluviométrique annuelle présente une hétérogénéité avec une rupture en 1975 qui s'accompagne d'une tendance à la baisse de 17 %. La variation saisonnière de la pluviométrie montre que les deux saisons sont affectées par les perturbations climatiques. Il n'y a pas d'étalement des saisons ni de réduction des mois pluvieux mais les mois d'avril et d'octobre ont des tendances à la baisse depuis 1969 pour octobre et 1974 pour avril. Les déficits sont importants de l'ordre de 30 %. Le mois d'octobre enregistre le déficit le plus important de 37 %. La baisse de la pluviométrie annuelle est donc la conséquence des perturbations des pluies des mois d'avril et d'octobre. Ce travail fourni des connaissances au secteur agricole dépendant de la pluviométrie.

Mots-clés : *variabilité climatique, pluviométrie, tests statistiques, saison de pluie, agricole, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Seasonal rainfall variability in central-eastern Côte d'Ivoire in the department of M'bahiakro

This article studies the variability of the rainfall in the East-Central of Côte d'Ivoire, in the department of M'bahiakro. In this study, Data are collected from the monthly series of rains (1945-2000) from the rainfall station of M'bahiakro. The methodology consists of applying statistical tests of the homogeneity and tendency, on the monthly chronological series of rain in order to identify which of these two rainy seasons has impacted

the decrease in annual rainfall. The results, show that the annual rainfall in the study area, is characterized by an alternation of excess period from 1945 to 1974 and a loss-making from 1975 to 2000. Annual rainfall variability presents heterogeneity with a break in 1975 which is accompanied by a downward trend of 17 %. The seasonal variation in rainfall shows that both season are affected by climatic disturbances. There is no staggering of seasons or reduction of rainy months but the months of April and October have downward trends since 1969 for October and 1974 for April. The deficits are significant, around 30 %. October recorded the largest deficit of 37 %. The decrease in annual rainfall is therefore the consequence of the disturbances in the rains of April and October. This work provides knowledge to the agricultural sector dependent on rainfall.

Keywords : *climate variability, rainfall, statistical tests, rainy season, agriculture, Côte d'Ivoire.*

1. Introduction

Les changements climatiques entrainent l'augmentation de la fréquence des évènements hydro-climatiques [1]. Selon le rapport du GIEC publié en février 2012, le réchauffement global va augmenter la fréquence et l'intensité des évènements extrêmes avec notamment une multiplication des périodes de canicule et une extension des zones d'inondation et de sécheresse. Les communautés pauvres seront les plus vulnérables du fait de leurs capacités d'adaptation limitées et leur grande dépendance de ressources à forte sensibilité climatique telles que les ressources en eau et les systèmes de production agricole [2]. En effet, la variabilité climatique n'est pas simplement caractérisée par l'unique variation des totaux pluviométriques même si celle-ci constitue souvent la manifestation la plus sensible [3]. Elle se manifeste également par le changement dans la fréquence pluviométrique, l'arrêt des pluies pendant les saisons humides, que la sévérité des saisons sèches [4 - 6]. Le changement climatique en Afrique occidentale et Centrale non sahélienne s'est manifesté par une sécheresse. Cette sècheresse a débuté à la fin de la décennie 1960 et le début des années 70 [7 - 12]. Les conséquences de ces phénomènes sur les ressources en eau sont particulièrement fortes et touchent de nombreux secteurs d'activité. Les populations et leurs activités de développement se retrouvent en situation de vulnérabilité répétitive et croissante [2, 13]. La Côte d'Ivoire, à l'instar de toute l'Afrique de l'Ouest subit depuis la fin des années soixante, d'importantes variations spatio-temporelles des régimes climatiques, avec des conséquences sur l'agriculture qui est la principale activité des populations [14]. En effet, l'agriculture est tributaire des aléas climatiques du fait du manque d'irrigation. Cette situation rend le rendement agricole sensible à la décroissance de la pluviométrie annuelle. Cependant, ce rendement est plus vulnérable aux perturbations des précipitations saisonnières, qu'a la décroissance annuelle des pluies. De ce fait, l'étude de la variabilité des pluies à des échelles plus fines permet de mieux comprendre leurs variations intra-saisonnières et de mieux cerner ses incidences sur le cycle des cultures [15, 16]. A l'est du pays les perturbations saisonnières de la pluviométrie sont caractérisées par de longues saisons sèches et de faibles pluviométries en saison pluvieuse [17]. Au niveau de la région du N'zi, la durée des saisons reste inchangée mais les hauteurs de pluies connaissent une décroissance [18]. Cette situation entraine des difficultés à maîtriser le calendrier agricole sensé être le guide des agriculteurs pour une agriculture organisée et garante de l'économie du pays. L'objectif de la présente recherche est de faire une étude de la variation saisonnière de la pluviométrie au centre-est de la Côte d'Ivoire dans le département de M'bahiakro, en vue de connaitre laquelle des deux saisons de pluie est responsable de la baisse de la pluviométrie annuelle. L'intérêt de cette étude est de fournir des connaissances sur les perturbations saisonnières des pluies dans un contexte d'adaptation au changement climatique.

2. Matériel et méthodes

2-1. Généralités

Le département de M'bahiakro ***(Figure 1)*** est situé au centre-est de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 3°30' et 4°45 Ouest et les latitudes 7°10 et 8°60' Nord. Selon le recensement de 2014 (RGPH 2014), la population de Tiassalé est estimée à plus de 79 760 habitants. L'activité économique principale est l'agriculture. Les activités secondaires sont l'élevage, l'exploitation forestière, l'artisanat et le commerce. Le paysage géomorphologique est peu accidenté. Les cultures de rente sont le café, le cacao, l'hévéa, et anacarde), les cultures vivrières sont le riz, le maïs, l'igname, arachide etc.). Le paysage est constitué de plateaux au sol argileux, sableux et granitique et de petites collines par endroits. L'on rencontre par endroit des vallées et des collines qui culminent à 108 mètres en moyenne. Le climat est tropical de type baouléen avec une sècheresse très marqué par l'harmattan. La végétation est caractérisée par la savane arborée et la forêt dégradée. Le réseau hydrographique de la zone d'étude est constitué essentiellement du N'zi et de ses affluents. Le N'zi est un affluent du Bandama. Le Bandama est l'un des 4 principaux fleuves de la Côte d'Ivoire. ***(Figure 1)***.

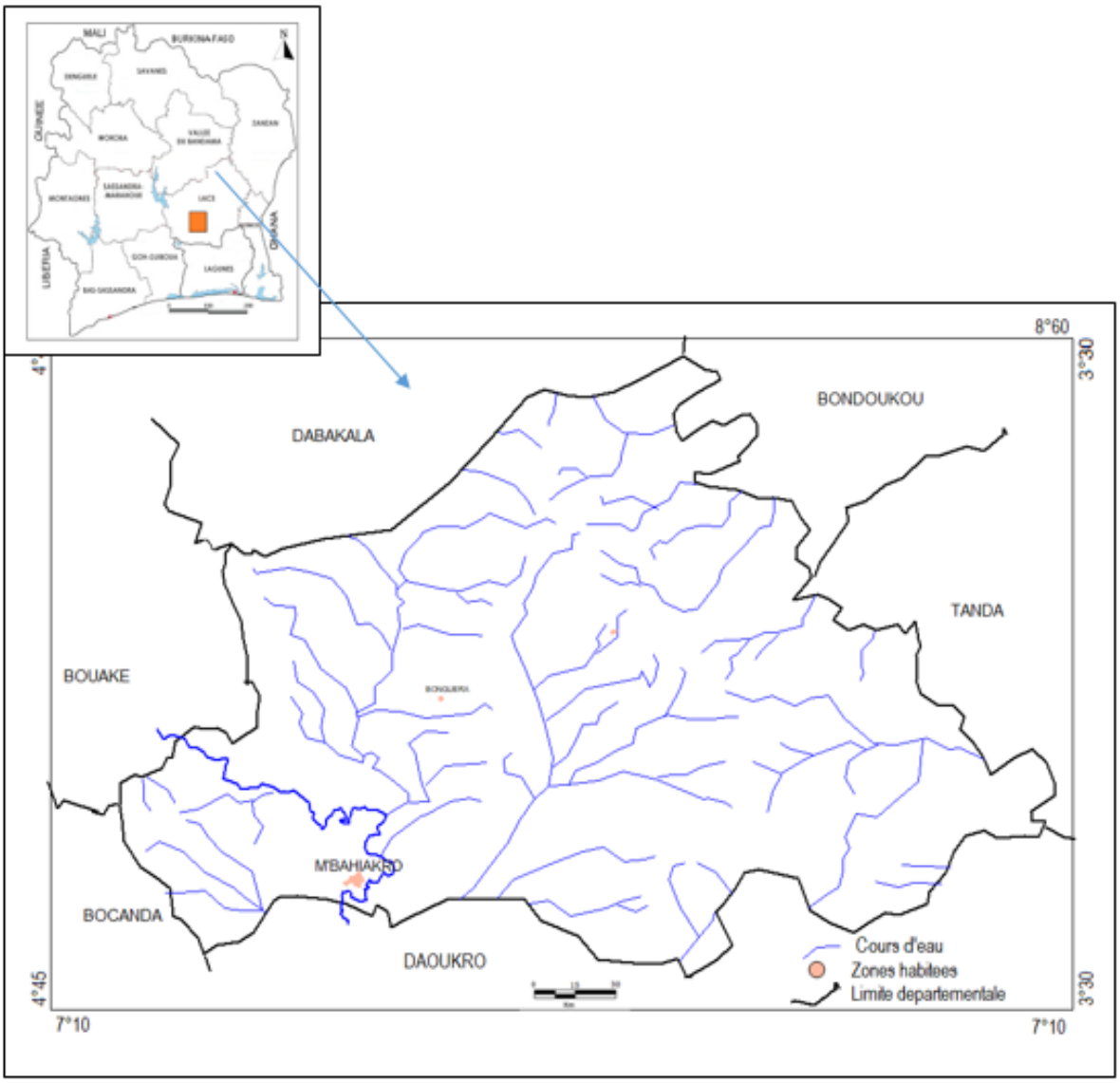

Figure 1 : *Situation géographique du département de M'bahiakro*

2-2. Données

Les données pluviométriques ont été fournies par la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire Météorologique (SODEXAM). Les mesures pluviométriques proviennent de la station météorologique de M'bahiakro (1945 à 2000). Les logiciels Khronostat et Mann Kendall ont été utilisés dans cette étude.

2-3. Méthodes

La méthodologie consiste à appliquer des tests statistiques d'une part sur la série pluviométrique annuelle étudiée afin de connaitre sa variation. Et d'autre part, d'appliquer des tests statistiques de détection de rupture sur les mois des saisons pluvieuses. Enfin, analyser et comparer les différentes variations.

2-3-1. Indices pluviométriques de Nicholson et Filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 (moyennes mobiles pondérées)

Ces méthodes permettent de découper les séries chronologiques de chaque station pluviométrique en années excédentaires ou déficitaires et d'en connaître les grandes tendances. L'indice pluviométrique de Nicholson et le filtre passe bas de Hanning d'ordre 2 encore appelée moyennes mobiles pondérés ont été utilisées. L'indice pluviométrique de Nicholson est un indice qui permet de mesurer l'écart par rapport à une moyenne établie sur une longue période en se référant aux données des stations. Il est défini comme une variable centrée réduite et traduit ainsi un excédent ou un déficit pluviométrique pour l'année considérée par rapport à la période de référence [19]. Le Filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2, est une méthode qui permet d'éliminer les variations saisonnières dans une série chronologique donnée. Le calcul des totaux pluviométriques pondérés est effectué au moyen de différentes équations [20].

2-3-2. Test statistique de détection de tendance : Test de Mann Kendall

Le test non-paramétrique de Mann-Kendall [21, 22] permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée. Une série temporelle a une tendance claire, définie au niveau de signification de 5 %. Dans ce test, l'hypothèse nulle H0 « absence de tendance » est acceptée si la P_{value} (probabilité de dépassement) est supérieure à 5 %. Dans ce cas, la série chronologique étudiée ne présente pas de tendance. Si la P_{valeur} est inférieure à 5 %, alors la variable étudiée présente une tendance. Le sens de la tendance est défini par le coefficient statistique de Mann-Kendall " U.MK ". Si U est positif, la tendance est à la hausse, mais si U est négatif, alors la tendance est à la baisse.

2-3-3. Tests statistiques de détection d'homogénéité ou de rupture : Test de Pettitt (1979)

Plusieurs méthodes statistiques de détection de rupture existent : test de Pettitt [23], test de segmentation, procédure bayésienne et la statistique U de Buishand. Dans cette étude l'hypothèse nulle est ''série homogène' ou ''absence de rupture''. Le test de Pettitt est une version modifiée du test de Man-Whitney [23]. Il permet de vérifier la stationnarité de la série pluviométrique. L'absence de rupture dans la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Dans ce test, l'hypothèse « absence de rupture » ou « série homogène » est acceptée si la probabilité de dépassement est supérieure au seuil de signification α qui est égal à 0,05.

2-3-4. Calcul de variations moyennes

Pour les variables hydroclimatique dont la série chronologique présente une rupture, les variations moyennes sont calculées de part et d'autre de la rupture en appliquant ***l'Équation*** suivante [24] :

$$D = \frac{Xj}{Xi} - 1 \quad (1)$$

avec, D : le déficit hydroclimatique ; Xj : la moyenne sur la période après rupture ; Xi : la moyenne sur la période avant rupture.

3. Résultats

3-1. Analyse des indices pluviométriques

La fluctuation interannuelle à la station de M'bahiakro ***(Figure 2)*** montre une baisse de la pluviométrie qui divise la chronique en deux, dont une période humide et une période sèche. Le ***Tableau 1*** résume les caractéristiques de ces deux périodes.

- la période humide qui se situe entre 1945 et 1974 avec une hauteur moyenne annuelle de 1174,33 mm ;
- et une période sèche qui se situe entre 1975 et 2000 avec une hauteur moyenne annuelle de 972,56 mm.

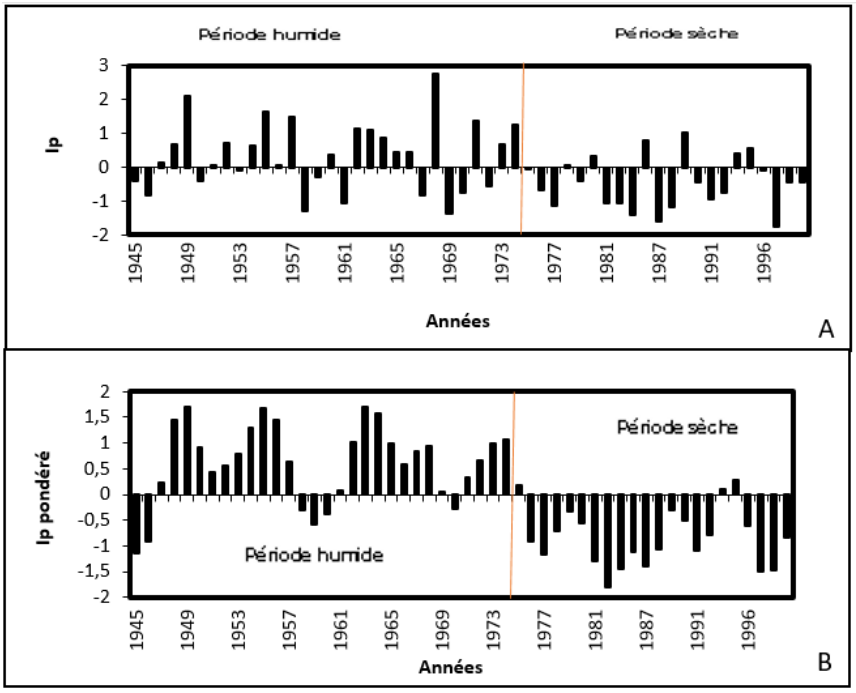

Figure 2 : *Évolution pluviométrique annuelle de la pluviométrie à la station de M'Bahiakro*
A : indices pluviométriques, B : indices pluviométriques pondérés

L'étude annuelle de la pluviométrie par les indices pluviométriques montre une baisse de la pluviométrie dans la zone d'étude. Cette baisse pluviométrique survient à partir de 1975. Ce résultat montre que le nombre d'événements pluvieux est en baisse ou la hauteur des pluies est en baisse sans que le nombre d'évènements pluvieux baisse. L'analyse saisonnière qui suit montrera clairement l'origine de ce phénomène.

Tableau 1 : *Caractéristiques pluviométriques des périodes humides et sèches à M'bahiakro*

Précipitations annuelles (mm)	Période humide	Période sèche
Maximale	1784,90	1351,20
Minimale	741,40	648,00
Moyenne	1174,33	972,56

3-2. Évolution saisonnière de la pluviométrie

La variation saisonnière de la pluviométrie est représentée à la ***Figure 3***. La figure montre deux saisons des pluies dont une grande et une petite. La grande saison des pluies s'étend de mars à juin, tandis que la petite saison se situe de septembre à octobre. La zone d'étude comprend donc six mois pluvieux avec le mois de juin comme le mois le plus pluvieux. Le test de tendance saisonnier indiquera les tendances pluviométriques des différents mois de l'année.

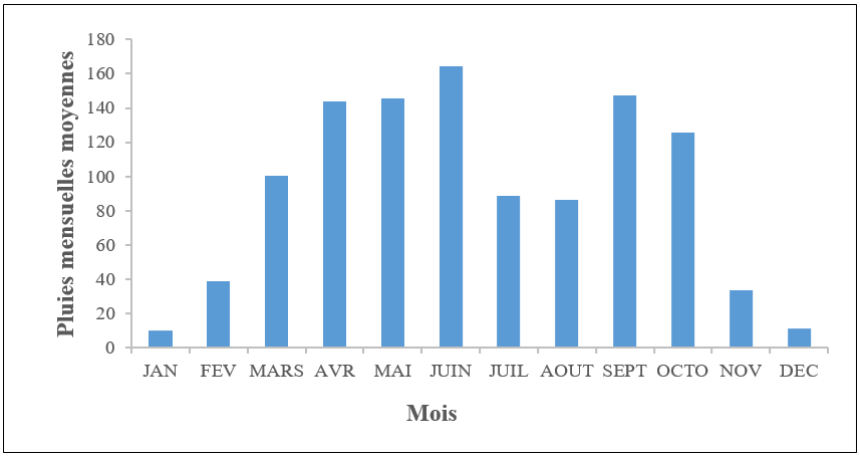

Figure 3 : *Variation saisonnière de la pluviométrie (1945 - 2000)*

3-3. Test de tendance saisonnier de la station de M'Bahiakro

Les résultats du test de tendance saisonnier sont représentés dans le ***Tableau 2***. Ils montrent que l'hypothèse nulle ''absence de tendance'' est acceptée pour tous les mois, sauf pour les mois de mars, avril et octobre. Cela signifie que, les premières pluies qui annoncent la grande saison des pluies présentent une tendance à la baisse. Cette baisse est due à la baisse des pluies des mois de mars et avril. La petite saison des pluies présente également une tendance à la baisse due à la baisse des pluies du mois d'octobre.

Tableau 2 : *Tendance saisonnière de la pluviométrie de M'Bahiakro*

Variables	P.valeur	Hypothèse H0 : absence de tendance	U. Mk	Sens de la tendance
Pluies janvier	0,940	oui	-0,076	pas de tendance
Pluies février	0,452	oui	-0,752	pas de tendance
Pluies Mars	0,030	non	-2,172	baisse
Pluies avril	0,008	non	-2,657	baisse
Pluies mai	0,875	oui	-0,157	pas de tendance
Pluies juin	0,748	oui	-0,321	pas de tendance
Pluies juillet	0,531	oui	0,627	pas de tendance
Pluies août	0,497	oui	-0,679	pas de tendance
Pluies septembre	0,911	oui	-0,112	pas de tendance
Pluies octobre	0,016	non	-2,410	baisse
Pluies novembre	0,258	oui	-1,131	pas de tendance
Pluies décembre	0,267	oui	-1,109	pas de tendance

3-4. Test de tendance non saisonnier de la station de M'bahiakro

Le ***Tableau 3*** présente les corrélations entre les mois pluvieux, les pluies annuelles et les pluies maximales. Ce résultat montre que les pluies annuelles sont plus corrélées avec celles du mois d'octobre que les autres mois pluvieux. La pluie maximale qui est plus corrélé avec la pluie annuelle est également dépendante des pluies des mois de juin et d'avril. La variation de la pluviométrie de M'bahiakro dépend des pluies des mois d'avril et d'octobre.

Tableau 3 : *Matrice de corrélation des pluies annuelles de M'bahiakro*

Variable	Pl. an	Pl. Max	Pl. Avr	Pl. Mai	Pl. Juin	Pl. Sep	Pl. Oct
Pl. an	1	0,69	0,42	0,18	0,43	0,42	0,55
Pl. Max		1	0,39	0,14	0,42	0,33	0,20
pl. Avr			1	-0,14	0,06	0,14	0,27
Pl. Mai				1	-0,08	-0,13	0,12
Pl. Juin					1	0,04	0,07
Pl.Sep						1	0,03
Pl.Oct							1

Les résultats du test de tendance, consignés dans le ***Tableau 4*** montrent que l'hypothèse nulle ''absence de tendance '' est rejetée pour les pluies annuelles, les pluies d'avril et les pluies d'octobre. La tendance dans ces variables est à la baisse. La baisse de la pluviométrie annuelle à M'bahiakro est la conséquence de la baisse des pluies des mois d'avril et surtout d'octobre.

Tableau 4 : *Tendance de la pluviométrie de M'Bahiakro*

Variables	P. valeur	Hypothèse H0 : absence de tendance	U. Mk	Évolution de la tendance
Pluies annuelles	0,03	non	-2,11	baisse
Pluies maximales	0,08	oui	-1,74	pas de tendance
Pluies avril	0,03	non	-2,11	baisse
Pluies mai	0,35	oui	-0,93	pas de tendance
Pluies juin	0,71	oui	0,37	pas de tendance
Pluies septembre	0,84	oui	-0,19	pas de tendance
Pluies octobre	2 0,06	non	-2,77	baisse

3-5. Test de Pettitt des mois pluvieux et annuel

Le ***Tableau 5*** présente les résultats du test de Pettitt des mois pluvieux et des pluies annuelles. L'analyse du tableau montre que la probabilité de dépassement est inférieure au seuil de signification α qui est égal à 0,05 pour les mois d'avril, septembre et octobre ainsi que pour la pluviométrie annuelle. L'hypothèse nulle (absence de rupture) est rejetée à 95 %. Cependant, les pluies des mois de mai et juin ne présentent aucune rupture, elles sont homogènes. Les séries pluviométriques des mois d'avril, octobre et septembre ne sont pas homogènes, elles sont hétérogènes avec une rupture brusque détectée respectivement en 974, 1969 et 1979. La ***Figure 4*** montre les déficits enregistrés dans cette station. Le déficit annuel est de 17 %, il est significatif. Les déficits des mois d'avril, de septembre et d'octobre sont respectivement de 31, de 0,5 et de 37 %. Les déficits enregistrés en octobre et en avril sont les plus importants. Le déficit annuel est donc causé principalement par les déficits pluviométriques des mois d'octobre et d'avril.

Tableau 5 : *Résultats du test de Pettitt*

Paramètres	Pluies annuelles	Pluies Avril	Pluies Mai	Pluies Juin	Pluies Septembre	Pluies Octobre
Probabilité de dépassement	0,04	0,01			2,6.10-6	0,008
Seuil de signification (α)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Présence de rupture	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Année de rupture	1975	1974			1979	1969
Déficit (%)	17	31			0,5	37

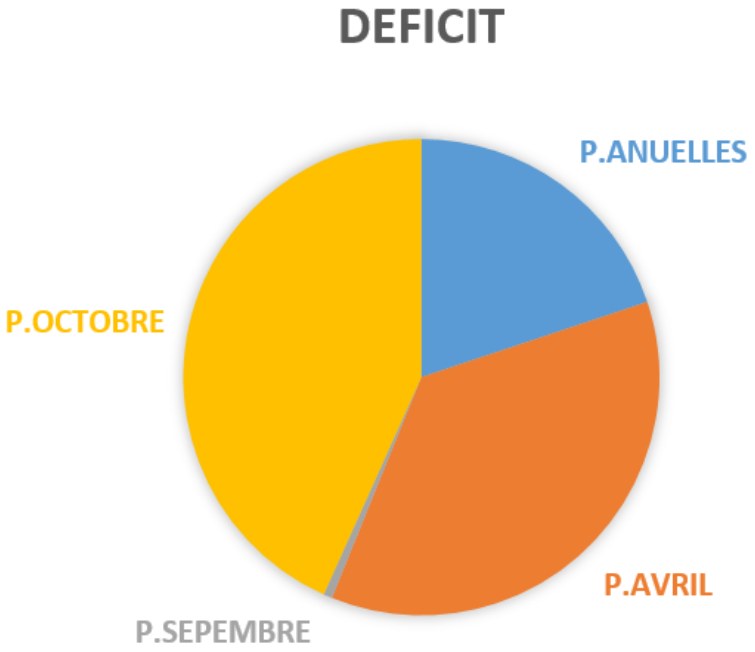

Figure 4 : *Déficit pluviométrique à la station de M'Bahiakro*

La ***Figure 5*** montre que la tendance des ruptures est à la baisse à partir de 1975, 1974 et 1969 respectivement pour les pluies annuelles, celles d'avril et d'octobre. Les pluies du mois de septembre présentent une tendance à la hausse de la variable U de Pettitt ce qui explique le déficit insignifiant trouvé. Les pluies des mois de mai et de juin ne présentent pas de rupture, les pluies de ces mois sont homogènes. Elles ne sont pas responsables de la baisse de la pluviométrie annuelle.

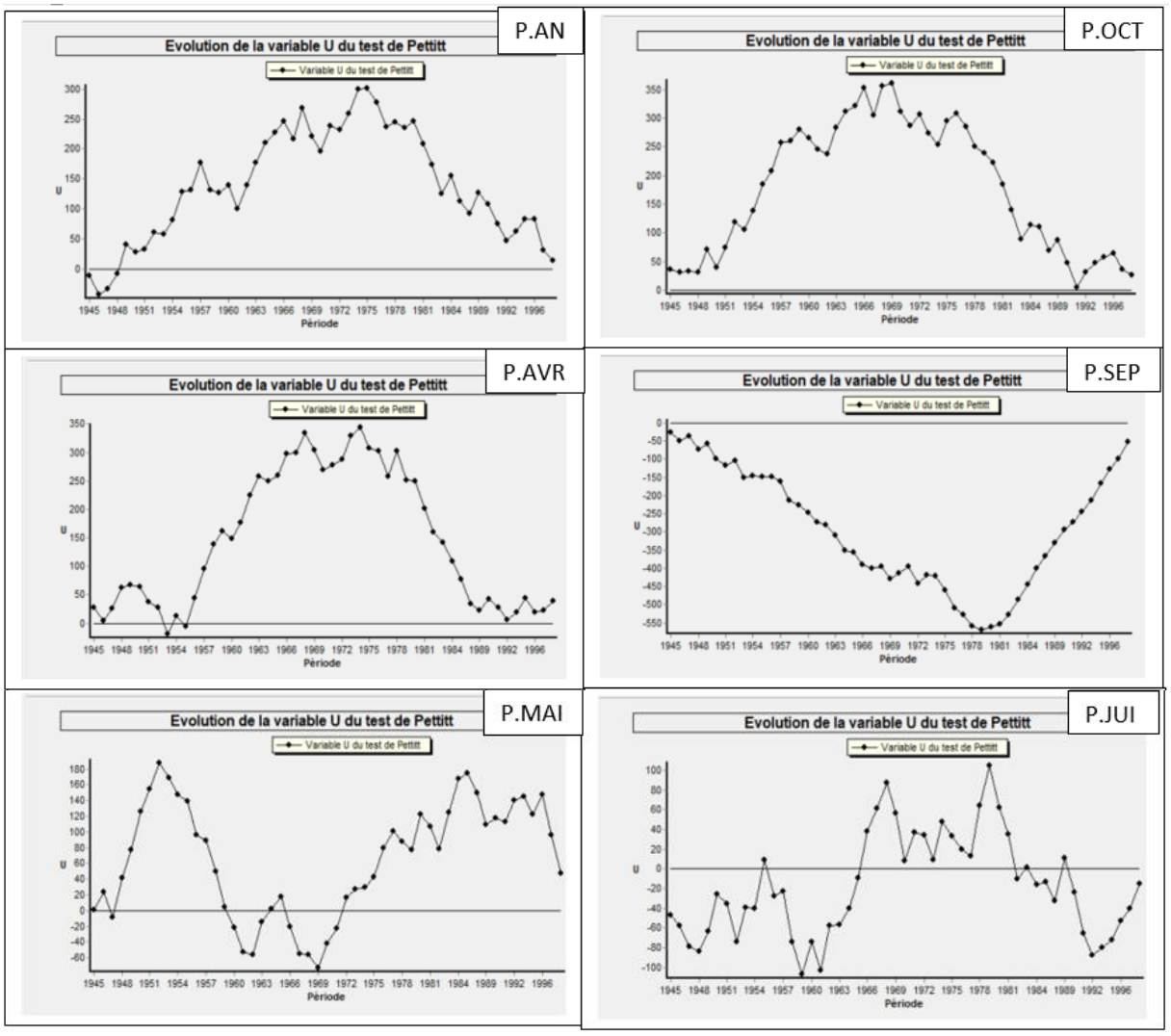

Figure 5 : *Évolution de la variable U du test de Pettitt à la station de M'Bahiakro*

4. Discussion

4-1. Indices pluviométriques

La variation des indices pluviométriques montre un caractère hétérogène de la série de pluie étudiée avec une période humide et une période sèche. L'année de rupture détectée est 1975 avec une tendance à la baisse. Les résultats des tests d'homogénéité et des indices centrés réduits sont concordants. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus à Bocanda [18, 25]. Cette rupture est survenue plus tôt à Dimbokro et à Bongouanou. L'année 1968 est l'année de la rupture pluviométrique dans ces régions [26, 27]. Le déficit pluviométrique enregistré de 17 % est similaire à celui enregistré dans la région du N'zi qui varie entre 11 et 12 % [18] ainsi que dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger [28].

4-2. Variation saisonnière de la pluviométrie

La variation saisonnière montre que les deux saisons des pluies sont affectées par les perturbations climatiques. En effet, les mois de mars (petite saison), septembre et octobre (grande saison) présentent des tendances à la baisse. Cependant, la corrélation est plus forte (0,55) entre la pluviométrie annuelle et les

pluies du mois d'octobre par rapport aux autres mois. Aussi, la rupture pluviométrique du mois d'octobre (1969) est ultérieure à celle de la pluviométrie annuelle (1975). Quant à la rupture des pluies du mois d'avril, elle est survenue en 1974. Ce résultat montre que la baisse de la pluviométrie annuelle est causée par les perturbations climatiques à l'origine de la baisse continue des pluies d'octobre (depuis 1969), accentué par celles du mois d'avril. Les déficits enregistrés significatifs sont ceux d'avril, 31 % et d'octobre 37 %. Le déficit des pluies du mois de septembre est insignifiant, il est de 0,5 %. Les perturbations climatiques n'ont provoqué aucun étalement des saisons ni de réduction des mois pluvieux. Ces résultats confirment ceux des indices pluviométriques qui ont détecté également une hétérogénéité dans la série pluviométrique de la station. Sur le bassin du N'zi à Bocanda, la baisse de la pluviométrie annuelle est due également à la baisse des pluies du mois d'octobre. Quant à la station de Dimbokro, la baisse est due à la variation des pluies des mois de mai et de septembre [18]. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans la plupart des régions intertropicales ou les pluies ont diminué de 0,2 à 0,3 % par décennie. La baisse de la pluviométrie dans la zone d'étude peut être due à la dynamique de l'occupation du sol de 1988 à 2005 qui montre une régression de la forêt dégradée, la forêt dense et l'eau, contrairement à l'habitat, les zones de cultures et la savane qui sont en évolution [29]. En effet, les modifications affectant la couverture végétale d'un territoire donné qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle, ont une influence plus ou moins directe sur la relation existante entre les précipitations et les écoulements de surface [27]. En revanche elles ont augmenté de 0,5 à 1 % par décennie durant le XXe siècle sur les moyennes et les hautes latitudes de l'hémisphère Nord sauf au-dessus de l'Est asiatique [30]. Egalement, à Yabassi au Cameroun, les pluies de mars, avril, août, septembre, octobre et de novembre se caractérisent par une hausse de pluies [31]. Cette tendance à la hausse de la majorité des précipitations mensuelles et annuelles dans cette zone est favorisée par l'existence d'un massif forestier à l'origine de la formation d'amas nuageux. En effet, la forêt joue un rôle indispensable sur le climat. La destruction des forêts au profit des cultures ou des habitats a entrainé une réduction des précipitations et un ébranlement de la civilisation par des sécheresses successives [32]. En effet, les zones urbaines sont plus chaudes que les zones rurales en raison de la forte concentration de l'activité humaine [33]. Les arbres injectent de l'eau dans l'atmosphère par évapotranspiration de leurs feuilles contribuent ainsi aux précipitations sur les régions continentales.

5. Conclusion

L'objectif de cet article est d'étudier la variation saisonnière de la pluviométrique à M'bahiakro en vue de connaitre laquelle des deux saisons de pluie est responsable de la baisse de la pluviométrie annuelle. Les résultats ont montré une variation annuelle caractérisé par une période excédentaire de 1945 à 1974 et une période déficitaire de 1975 à 2000, avec un déficit de 17 %. La variation saisonnière de la pluviométrie montre que les deux saisons des pluies sont affectées par les perturbations climatiques. Il n'y a pas d'étalement des saisons ni de réduction des mois pluvieux mais les mois d'avril et d'octobre ont des tendances à la baisse depuis 1969 pour octobre et 1974 pour avril. Les déficits sont importants de l'ordre de 30 %. Le mois d'octobre enregistre le déficit le plus important 37 %. Pendant la grande saison des pluies, seuls les mois de mai et de juin sont propices à l'agriculture sans risque. Le début de la grande saison des pluies n'est pas propice car il connait des perturbations et la fin de la petite saison est à risque. Ces résultats peuvent servir de guide agricole dans les mesures d'adaptation au réchauffement climatique.

Références

[1] - J. POMERLEAU, "Changements climatiques et sécurité en Afrique", centre universitaire de formation en environnement université de Sherbrooke, (2009) 99 p.

[2] - GIEC, Rapport spécial des Groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat sur la gestion des risques d'événements extrêmes et des catastrophes pour améliorer l'adaptation au changement climatique, Cambridge, Royaume-Uni et New York, (2012) 20 p. http://ipccwg2.gov/SREX/report/

[3] - J. PATUREL, E. SERVAT, B. KOUAMÉ, H. LUBES, M. OUEDRAOGO and J. MASSON, "Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea Part II: an integrated regional approach", *Journal of hydrology*, 191 (1 - 4) (1997) 16 - 36

[4] - D. NOUFE, Z. KOUADIO, G. SORO, T. WAYOU, B. GOULA and I. SAVANE, Impact de la variabilité climatique sur la production du maïs et de l'igname en Zones Centre et Nord de la Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 27 (3) (2015) 241 - 255

[5] - I. YABI, M. N'TCHA TCHANATI and A. AKIBOU, Paysannat vivrier face aux incertitudes pluviometriques de la seconde saison agricole dans la commune de didja au sud-Benin, *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, 3 (8) (2019) 6 - 25

[6] - F. AFOUDA, P. SALAKO and I. YABI, Instabilité intra-saisonnière des pluies de la grande saison agricole dans la commune de kétou au Bénin, *Revue de géographie du laboratoire Leïdi–ISSN*, (2014) 7 - 28

[7] - S. E. NICHOLSON, ''Recent rainfall fluctuations in Africa and their relationship to past conditions over the continent'', *The Holocene,* Vol. 4, N°2 (1994) 121 - 131 p.

[8] - A. A. AKA, E. SERVAT, J. E. PATUREL et B. KOUAME, ''Analyse de la variabilité temporelle des écoulements en Côte d'Ivoire : Approche statistique et caractérisation des phénomènes'', *Journal des sciences hydrologiques*, Vol. 41, N° 6 (1996) 959 - 970 p.

[9] - E. SERVAT, J. E. PATUREL, B. KOUAME, M. TRAVAGLIO, M. OUEDRAOGO, J. F. BOYER, H. LUBES-NIEL, J. M. FRITSCH, J. M. MASSON et B. MARIEU, ''Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale'', *IAHS Publication*, 252 (1998) 323 - 337 p.

[10] - J. E. PATUREL, E. SERVAT et M. O. DELATTRE, ''Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique'', *Journal des sciences hydrologiques*, Vol. 43, N° 3 (1998) 937 - 945 p.

[11] - M. OUEDRAOGO, ''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 l'Université de Montpellier II, France, (2001) 257 p.

[12] - S. ARDOIN, H. LUBES-NIEL, E. SERVAT, A. DEZETTER et J. F. BOYER, ''Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990'', *IAHS Publication*, N° 278 (2003) 223 - 228 p.

[13] - J. E. PATUREL, E. SERVAT, B. KOUAME, H. LUBES-NIEL, J. M. MASSON, J. F. BOYER, M. TRAVAGLIOT, M. MATIEU,'' Variabilité pluviométrique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Approche régionale intégrée'', *PHI-V*, N°16 (1997) 1 - 31 p.

[14] - MERF, Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques, (2009) 88 p.

[15] - S. CISSE, Etude de la variabilité intra saisonnière des précipitations au Sahel : impacts sur la végétation (cas du Ferlo au Sénégal). Université Pierre et Marie Curie-Paris VI ; Université Cheikh Anta Diop (Dakar), (2016)

[16] - S. ZAKARI, B. A. H. TENTE, I. T. IMOROU, I. YABI, F. AFOUDA and B. N'BESSA, Variabilité hydropluviométrique et dynamique de l'occupation des terres dans le bassin de la Sota à l'exutoire de Coubéri au Bénin (Afrique de l'Ouest) *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13 (2) (2015) 235 - 251

[17] - A. E. ASSEMIAN A. E, F. K. KOUAME, É. V. DJAGOUA, K. AFFIAN, J. P. R. JOURDA, M. ADJA, T. LASM, J. BIEMI, ''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)''. *Rev. Sci. Eau*, N° 26 (2013) 247 - 261 p.

[18] - R. M. N. FOSSOU, E. G. SORO, S. DOSSO et L. D. GONE, ''Variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest : cas de la région du N'zi au Centre-Est de la Côte d'Ivoire'', *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, N° 36 (2020) 171 - 192 p.

[19] - P. J. LAMB, ''Persistence of Sub-Saharan drought,'' *Nature*, N° 299 (1982) 46 - 47 p.

[20] - A. ASSANI, ''Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation océanique (El Niño/La Niña)'' *Sécheresse*, Vol. 10, N° 4 (1999) 245 - 252 p.

[21] - H. B. MANN, "Non parametric tests against trend''', *econometrical*, N° 13 (1945) 245 - 259 p.

[22] - M. G. KENDALL, "Rank correlation methods", *Water Resources Bulletin*, 24 (3) (1975) 505 - 512

[23] - A. N. PETTITT, "A non-parametric approach to the change - point problem", *Application Statis*, Vol. 28, N° 2 (1979) 126 - 135 p.

[24] - B. S. ARDOIN-BARDIN, "Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne ", Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, (2004) 437 p.

[25] - R. M. N. FOSSOU, N. SORO, V. B. TRAORE, T. LASM, S. SAMBOU, T. SORO, R. K. OROU, M. T. CISSE et A. KANE, *Afrique SCIENCE*, 10 (4) (2014) 118 - 134

[26] - E. A. ASSEMIAN, M. H. K. KANGA, K. KOUASSI, J. J. K. YAO et E. B. KOFFI, ''analyse des variations de la recharge des eaux souterraines du socle de Dimbokro, zone tropicale humide du centre-est de la Côte d'Ivoire, face au changement climatique'' *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, N° 31 (2018) 84 - 107 p.

[27] - A. M. KOUASSI, "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, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2007) 210 p.

[28] - E. AMOUSSOU, "Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) " Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, (2010) 315 p.

[29] - R. M. N. FOSSOU, T. D. SORO, R. K. OROU, O. Z. ONETIE et T. LASM, ''Variabilité climatique et son incidence sur l'occupation du sol : cas de la région du N'zi, Centre-Est de la Cote d'Ivoire en Afrique de l'Ouest'', *Afrique SCIENCE*, Vol. 13, N° 4 (2017) 337 - 348

[30] - CARBONEL, NICHOLSON, HUBERT, ''Mise en évidence de la variabilité des précipitations en Afrique tropicale humides'', *UNESCO*, (2000) 143 p.

[31] - M. MARIN, Variabilité Spatio-temporelle des précipitations sur le littoral camerounais et relation avec les températures des surfaces continentales, océaniques et El Niño de 1927 à 2006. Thèse de doctorat Ph.D, Université de Yaoundé I, (2015) 458 p.

[32] - F. LASSAGNE, ''La terre planète à hauts risques'' *Sciences et Vie*, N°254 (2011)

[33] - C. BONNEAU et Y SCIAMA, *Sciences et Vie*, N°1110 (mars 2010)