

## ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DES PLUIES DE HEUG ET DE LEUR CORRÉLATION AVEC LES PLUIES TOTALES AU SÉNÉGAL

Demba GAYE<sup>1\*</sup>, Souleymane NIANG<sup>2</sup> et Fatoumata Binetou SANE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Assane SECK de Ziguinchor, Département de Géographie,  
Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Sénégal

<sup>2</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Département de Géographie, Sénégal

(reçu le 05 Mai 2022; accepté le 27 Juin 2022)

\* Correspondance, e-mail : [demba.gaye@univ-zig.sn](mailto:demba.gaye@univ-zig.sn)

### RÉSUMÉ

De par leur faible apport pluviométrique et du fait qu'elles n'interviennent pas dans le calendrier agricole en terme de développement des cultures, les pluies de Heug (PH) sont très peu étudiées et à la limite négligées. Cependant, étudier ces types d'évènements pluvieux est important du fait des conséquences néfastes qu'elles peuvent engendrer notamment sur les récoltes agricoles stockées à l'air libre. Le but de ce travail est de suivre l'évolution des PH au Sénégal à travers 15 stations synoptiques et climatiques parfaitement réparties sur l'étendue du territoire. L'analyse des totaux nous a permis de voir les différentes fluctuations au cours de cette série et ainsi d'apprécier la variabilité interannuelle. L'étude des maxima montre que des occurrences sont majoritairement enregistrées au mois de janvier. Cependant une situation particulière est notée aux stations Sud-Est du pays où les maxima sont plutôt enregistrées en Avril-Mai du fait des incursions des flux de mousson qui y sont notées en cette période en annonce de l'arrivée de l'hivernage dans cette première région pluvieuse du Sénégal. La répartition spatiale révèle un maximum d'occurrence au nord (zone sahélienne) et aux stations continentales du pays. Nous avons en fin de ce travail procéder à la vérification d'une corrélation entre les pluies de heug et les pluies totales. Le coefficient  $r$  de Pearson indique l'existence d'une corrélation négative de -0,14, ce qui traduit que globalement aux stations de cette étude les deux variables n'évoluent pas dans le même sens.

**Mots-clés :** pluies de Heug, Sénégal, évolution, occurrences du maximum, corrélation, pluies totales.

## ABSTRACT

### **Study of the evolution of Heug rainfall and their correlation with total rainfall in Senegal**

Due to their low rainfall contribution and the fact that they do not intervene in the agricultural calendar in terms of crop development, Heug rains (PH) are very little studied and are almost neglected. However, studying these types of rainfall events is important because of the harmful consequences they can have on agricultural crops stored in the open air. The aim of this work is to monitor the evolution of PH in Senegal through 15 synoptic and climatic stations perfectly distributed over the country. The analysis of the totals allowed us to see the different fluctuations during this series and thus to appreciate the interannual variability. The study of the maxima shows that the majority of occurrences are recorded in January. However, a peculiar situation is noted at the south-eastern stations of the country where maxima are rather recorded in April-May due to the incursions of monsoon flows which are noted in this period in announcement of the arrival of the winter in this first rainy region of Senegal. The spatial distribution reveals a maximum of occurrence in the north (Sahelian zone) and at continental stations of the country. At the end of this work, we verified a correlation between the heug rains and the total rainfall. The Pearson's  $r$  coefficient indicates the existence of a negative correlation of  $-0.14$ , which means that globally at the stations of this study the two variables do not evolve in the same direction.

**Keywords** : *Heug rains, Senegal, evolution, maximum occurrences, correlation, total rains.*

## I - INTRODUCTION

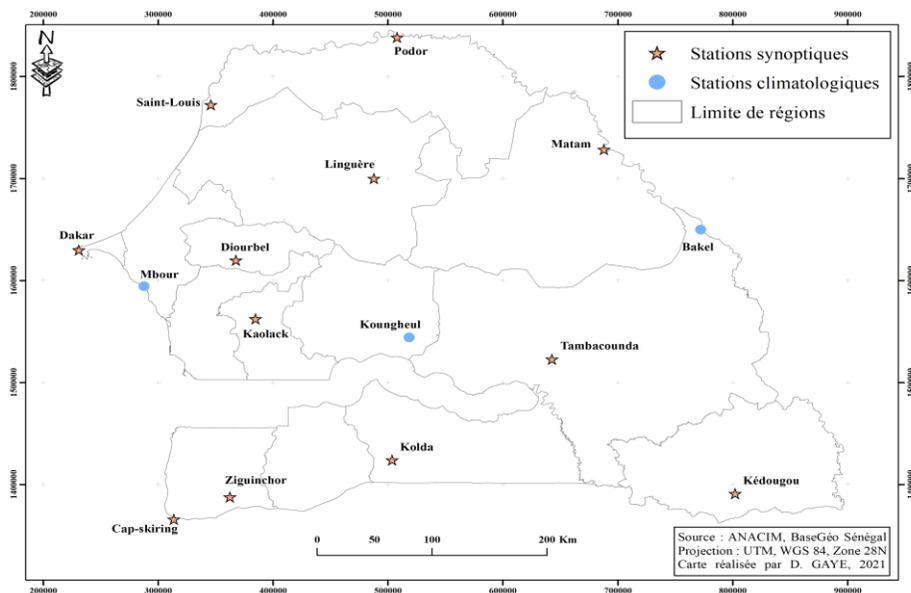
Les pluies d'hivernage dont la durée varie fortement du Sud vers le Nord constituent l'essentiel des précipitations au Sénégal [1]. Celles-ci se manifestent soit par orages organisés ou lignes de grains responsables de la plupart des pluies enregistrées au Sahel avec plus de 60 % [2], voire même une proportion de 80 % du total des précipitations [3, 4], soit par des pluies continues et non orageuses où les conditions dynamiques et énergétiques les plus favorables sont réunies pour que se développent sans entrave les mouvements ascendants permettant la formation de nuages à grande extension verticale du type cumulonimbus. En dehors de ces précipitations et de la saison des pluies, les stations du Sénégal enregistrent "régulièrement" d'autres perturbations pluvieuses liées à l'aérojet subtropical et aux advections d'air froid polaire. Ces dernières sont connues sous le nom de "Heug" ou pluies de

mangue. En effet en saison sèche froide de l'hémisphère nord, l'air polaire est advecté le long de thalwegs d'altitude jusque dans nos régions tropicales. Quand cet air froid entre en conflit avec de l'air tropical ou équatorial chaud et humide véhiculé par le Jet Subtropical, il se forme des systèmes nuageux denses à l'étage moyen et supérieur qui donnent ainsi naissance à ces pluies de heug. Hamza et al. (2016) note que ces nuages sont très instables et de type Altocumulus, et des Altostratus associés ou non à des Cirrus / Cirrostratus. Ces dernières sont d'une importance non négligeable non pas seulement de par leur influence (qui peut être considérable) sur les totaux annuels mais aussi du fait des conséquences néfastes qu'elles peuvent engendrer notamment sur les récoltes agricoles stockées à l'air libre [5]. Cet article fait le suivi de ces événements au Sénégal de 1971 à 2015 à travers 13 stations (**Tableau 1**) parfaitement réparties sur l'étendue du territoire. L'objectif est :

- d'analyser l'évolution annuelle et périodique de ces pluies de heug,
- de vérifier la corrélation entre ces pluies de heug et les pluies totales,
- de faire une analyse comparative à travers les maximas du caractère de ces pluies de heug suivant la zonalité pluviométrique des stations et selon leur position côtière ou continentale.

## II - MÉTHODOLOGIE

Le Sénégal est un pays ouest-africain à cheval entre trois zones climatiques en tenant compte de la pluviométrie. En effet, si nous appliquons les données de nos stations à la grille d'analyse (0 - 2000 mm) utilisée en Afrique de l'ouest délimitant les différentes zones climatiques, du nord au sud, nos stations (**Figure 1**) se répartissent entre les zones sahélienne (Podor, Saint-Louis, Linguère, Matam, Dakar), nord-soudanienne (Diourbel, Mbour, Kaolack, Tambacounda) et sud-soudanienne (Ziguinchor, Cap-Skiring, Kolda, Kédougou). Suivant ce zonage, les pluies varient respectivement entre 100 - 500 mm, 500 - 1000 mm et 1000 - 1500 mm. Si d'un côté, le Sénégal reste fortement tributaire des pluies d'hivernage dont dépend l'écrasante majorité des activités agricoles, celles-ci sont d'un autre côté régulièrement affectées par les événements de heug en période de récoltes.



**Figure 1 :** Localisation des stations retenues pour cette étude

Les données utilisées dans cet article sont exclusivement des données pluviométriques et ont été recueillies à l'ANACIM (L'Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie) du pays. Il s'agit d'abord des cumuls mensuelles et annuelles de 1971 à 2015 (à l'exception des stations de Cap-Skiring et Kougheul où la série commence respectivement à partir de 1978 et 1981). Ensuite nous avons les données de pluie de heug sur la même série et à pas de temps mensuel.

**Tableau 1 :** Caractéristiques des stations utilisées, périodes et nombre d'année d'observation

Stations	Longitude	Latitude	Période	Nombre d'années
SAINT-LOUIS	-16,449722	16,050000	1971-2015	45
PODOR	-14,929722	16,649722	1971-2015	45
LINGUERE	-15,119722	15,380000	1971-2015	45
MATAM	-13,250000	15,630000	1971-2015	45
DAKAR	-17,500000	14,730000	1971-2015	45
MBOUR	-16,970000	14,410000	1971-2015	45
DIORBEL	-16,230000	14,650000	1971-2015	45
KAOLACK	-16,070000	14,130000	1971-2015	45
KOUNGHEUL	-14,833300	13,966700	1981-2015	35
TAMBACOUNDA	-13,679722	13,769722	1971-2015	45
BAKEL	-12,466700	14,900000	1971-2015	45
ZIGUINCHOR	-16,269722	12,550000	1971-2015	45
CAP-SKIRRING	-16,716660	12,350000	1978-2015	38
KOLDA	-14,970000	12,880000	1971-2015	45
KEDOUGOU	-12,220000	12,570000	1971-2015	45

En premier, nous suivons l'évolution des totaux annuelles et pour chaque station les hauteurs annuelles des pluies de heug dans le but de voir les différentes fluctuations au cours de cette série. Ceci nous permet donc d'analyser la variabilité interannuelle de chacun de ces types de pluie. Ensuite, avec le test non-paramétrique de [6] capable d'estimer la position d'un changement de moyenne (point de rupture) dans une série, on procède pour chacun de ces deux paramètres et pour chaque station à la détection des ruptures/reprises dans l'évolution des séries. Les résultats obtenus de ces tests sont associés à ceux issus de l'analyse du coefficient de corrélation (nous utilisons ici la corrélation  $r$  de Pearson) pour vérifier l'existence ou non d'une corrélation entre pluies totales et pluie de heug. La **Formule** de corrélation  $r$  de Pearson utilisée est :

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

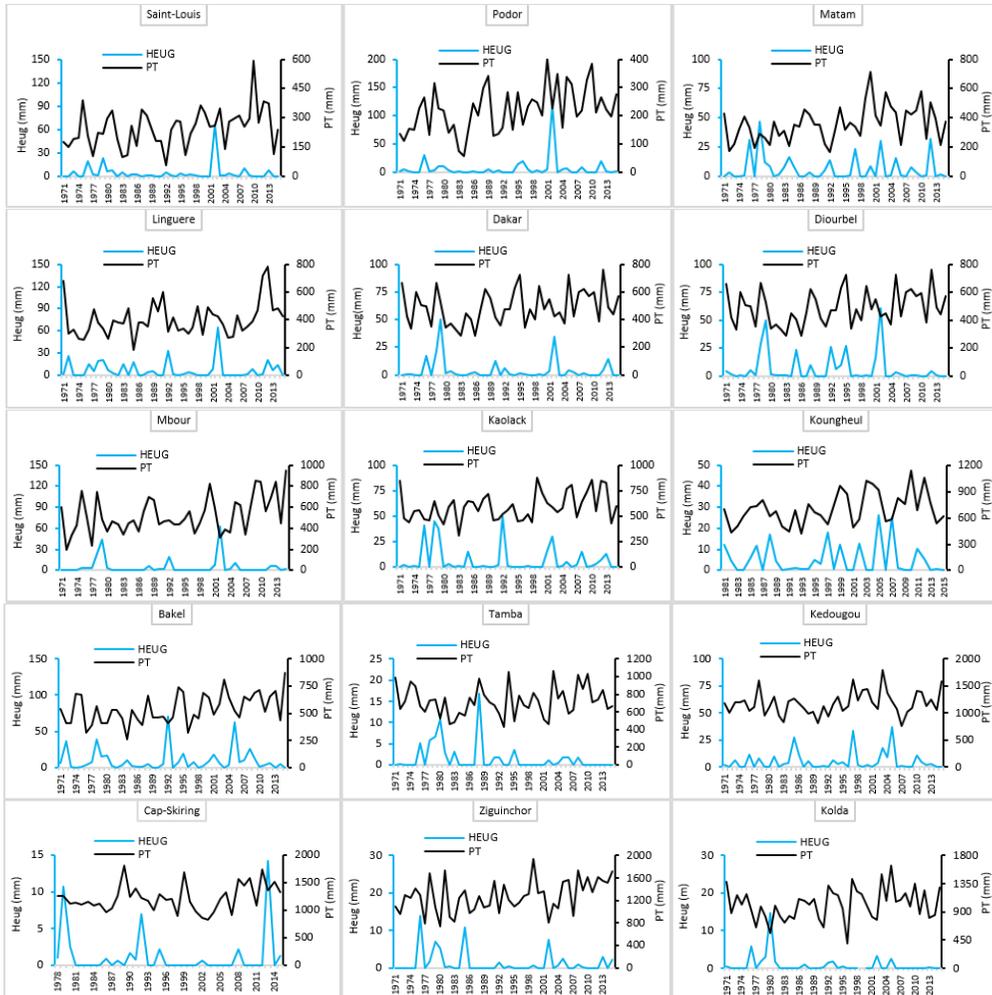
avec,  $\text{Cov}(XY)$  : covariance de  $XY$  ;  $\sigma_x$  : écart-type de  $X$  ;  $\sigma_y$  : écart-type de  $Y$ .

Au troisième point, nous étudions les maxima dans le but de voir en quelle partie / quel mois de la saison sèche ils sont généralement enregistrés. Nous utiliserons aussi ces maxima pour analyser l'importance des pluies de heug selon la zonalité (nord au sud) des stations et selon leur position côtière ou continentale, ce qui nous permettra éventuellement une mise en relation avec les conditions climatiques locales.

### III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### III-1. Évolution et Occurrence du maximum des pluies de heug

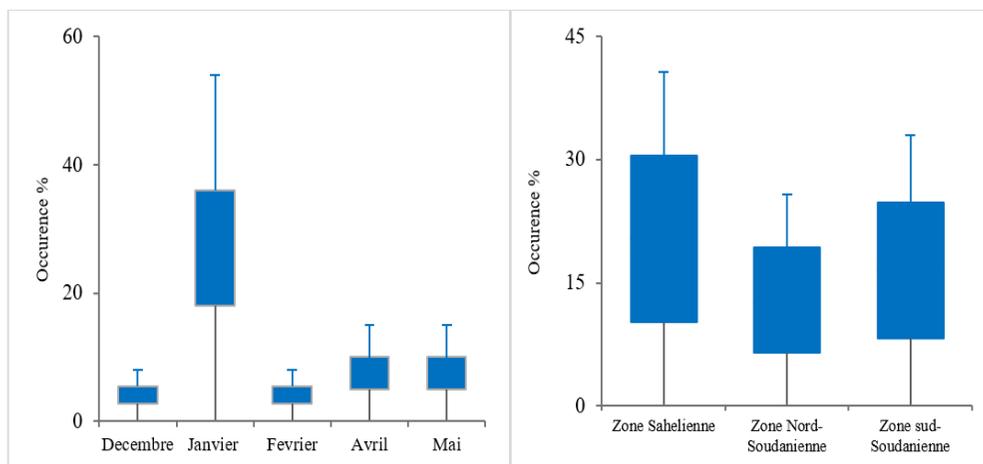
La **Figure 2** représente pour chaque station retenue dans cette étude l'évolution des PT et des précipitations de heug. Les courbes (en bleu) révèlent une forte variabilité des pluies hors saison. En moyenne, seuls 11 % de la série soit 5 années (1974, 1975, 1987, 1998 et 2015) affichent des valeurs nulles, ce qui révèle la régularité de ces événements pluviométriques au Sénégal.



**Figure 2 :** Évolution annuelle des précipitations de Heug et des précipitations totales (PT)

Malgré leur régularité, l'intensité de ces pluies est en grande partie faible. [7] notait que les pluies de Heug atteignent rarement plus de 20 mm pour toute la saison. En effet, 76 % (soit 34 années de notre série toutes stations confondues) de ces précipitations de heug n'atteignent 1 mm, ce qui témoigne leur faible apport dans le calcul pluviométrique annuelle pour les différentes stations du pays. Cependant la densité des systèmes nuageux qui donnent naissance aux pluies de heug dépendent de l'intensité de l'air polaire advecté. Lorsque celle-ci est très forte, elle occasionne des précipitations importantes. [8] notent que sur le Sahel occidental (Sénégal / Mauritanie) le phénomène de Heug peut déverser d'importantes quantités de précipitations. Sur notre série, 13 %, soit 6 années toutes stations confondues enregistrent des totaux de heug supérieurs

à 10 mm (15,5 mm en 1976, 18 mm en 1978, 21 mm en 1979, 16 mm en 1992, 34 mm en 2002 et 12 mm en 2005). Ces moyennes annuelles de heug sont considérables d'autant qu'elles représentent jusqu'à 6 % de celles des totaux précipitations annuelles et de 3 à 7 fois plus comparées à la moyenne interannuelle des totaux de heug (4,8 mm).



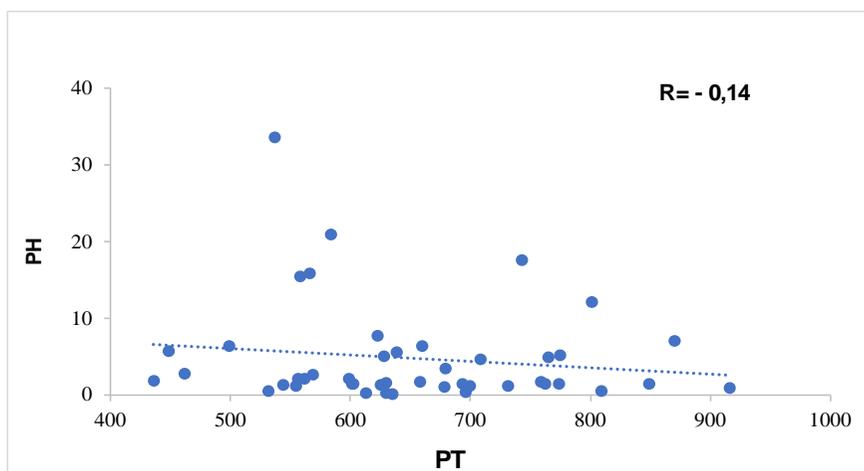
**Figure 3 :** Fréquence périodique et zonale (à droite) des maxima de heug au Sénégal

Les occurrences du maximum indiquent que 54 % (**Figure 3**) des pluies de heug sont enregistrées au mois de janvier, soit au cœur de la saison sèche froide et où donc le thermomètre affiche ces valeurs les plus faible de l'année. Cette période de l'année correspond justement au moment où l'advection de l'air polaire est au maximum et donc au plus fort développement des systèmes nuageux qui en découlent. Les occurrences notées aux mois d'avril et mai sont relatifs aux incursions des flux de mousson notés en ces moment aux stations sud-est et sud du pays et annonçant l'arrivée de l'hivernage dans cette région qui est la plus pluvieuse de Sénégal. Ces occurrences du maximum qui oscillent entre janvier et avril-mai sont illustratives de la zonalité des évènements de heug. En effet, la figure 3 montrent que 43 % de ces évènements sont notées aux niveaux des stations sahéliennes du pays (Podor, Saint-Louis, Matam, Linguère, Bakel, Dakar) et 33 % en zone sud-soudanienne du pays (Cap-Skiring, Ziguinchor, Kolda, Kédougou). Ces configurations respectivement tributaires aux advection/incursion notée précédemment mentionnées. Ces résultats qui indiquent une fréquence beaucoup plus importante au Nord sont similaires à ceux trouvés par [7] qui indiquait que les stations du Nord et du Nord-Ouest sont beaucoup plus pluvieuses (pluie de heug) que celles du Sud et du Sud-Est. En réalité, la fréquence maximale au nord est due au fait que la zone est la première région du pays bénéficiaire de

l'air polaire advecté et à la fois la zone d'entrée d'arrivé des flux d'alizé continental. Cette situation présente des conditions favorables aux pluies de heug (l'air polaire apportant de la fraîcheur et l'alizé continental la chaleur nécessaire aux développement des systèmes nuageux précipitant). Cette dualité air polaire/flux d'harmattan est d'autant plus évidente que les données de cette étude révèlent que toutes zones pluviométriques comprises, les maxima sont plus manifestent aux stations continentales comparées à celles côtières. En effet, sur notre série d'étude 85 % contre seulement 25 % des maxima sont respectivement enregistrés aux niveaux des stations ou la température est supérieure et inférieure à la moyenne nationale.

### III-2. Corrélation entre Pluies de Heug (PH) et Pluie totale (PT)

À l'image de plusieurs travaux abordant la relation entre PH et PT, nos résultats révèlent à travers nos différentes stations l'existence d'une corrélation entre les pluies de Heug et les pluies totales au Sénégal. Cependant si certains comme celui de [5] trouvent une corrélation positive, notre étude révèle plutôt une corrélation négative toutes stations confondues avec un coefficient de corrélation  $r$  de -0,14.



**Figure 4 :** *Corrélation Pluie de Heug / Pluies totales au Sénégalais*

En détail sur les 15 stations couvertes seules 4 (Cap-Skiring, Diourbel, Podor et Tambacounda) affichent une corrélation positive (respectivement  $r = 0.1$ ,  $r = 0.17$ ,  $r = 0.07$ ,  $r = 0.02$ ). Cette corrélation négative (globalement trouvée) indique trois cas de figure : (a) les deux variables (PH et PT) évoluent en sens inverse (lorsqu'une variable augmente, l'autre diminue), (b) lorsqu'une variable varie, l'autre ne varie pas, ou alors (c) varie sans lien avec la première (les variables sont indépendantes l'une de l'autre).

#### IV - CONCLUSION

L'objectif de cet article était de suivre l'évolution des pluies de heug et de leur corrélation avec les pluies totales au Sénégal de 1971 à 2015 à travers 15 stations synoptiques et climatiques en tenant en compte d'une bonne distribution spatiale relativement à leur zonalité pluviométrique et de leur positionnement côtière et continentales. En premier, l'analyse des totaux révèle une forte variabilité des pluies hors saison avec globalement une forte irrégularité et une intensité faible de ces événements de heug. Deuxièmement, l'étude montre qu'à l'exception du sud-est du pays un maxima est noté au cœur de la saison sèche froide notamment au mois de janvier avec 54 % des occurrences alors qu'en tenant en compte de la répartition spatiale les maxima sont majoritairement enregistrés aux stations nord et continentales du pays. Enfin, à travers le coefficient  $r$  de Pearson l'étude montre qu'il existe une corrélation négative entre pluies de heug et pluies totales au Sénégal.

#### RÉFÉRENCES

- [1] - D. GAYE, « Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis », *Norois*, N°244 (2017) 63 - 76 p. <https://doi.org/10.4000/norois.6165>
- [2] - M.-F. COUREL, Étude de l'évolution récente des milieux sahéliers à partir des mesures fournies par les satellites, Thèse de doctorat, Paris 1, (1984) 407 p.
- [3] - M. PETERS et G. TETZLAFF, « A composite study of early summer squallines and their environment over west Africa », *Meteorol. Atmos. Phys.*, 38 (1988) 153 - 163 p.
- [4] - P. SAGNA, Étude des lignes de grains en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, T.1, (1988) 291 p.
- [5] - A. T. GAYE, S. FONGANG, A. GARBA et D. BADIANE, « Étude des pluies de Heug sur le Sénégal à l'aide de données conventionnelles et imagerie Météosat, *Veille Climatique Satellitaire*, 49 (1994) 61 - 71 p.
- [6] - A. N. PETTITT, « A non-parametric approach to the change-point problem », *Appl. Statist.*, Vol. 28, N°2 (1979) 126 - 135 p.
- [7] - A. SECK, « Le «Heug» ou pluie de saison sèche au Sénégal », *Annales de Géographie*, T. 71, N°385 (1962) 225 - 246 p. doi : <https://doi.org/10.3406/geo.1962.16196>
- [8] - I. HAMZA, F. MADÉ, B. M. ABDELKRIM, A. T. GAYE, « Étude du phénomène de pluie hors saison hivernale au sahel : cas particulier de l'épisode de pluie de mangues des 12 et 13 mars 2016 sur le Burkina Faso et le Niger », *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 28 (2016) 273 - 295 p.