

## **Analyse des ruptures de la série pluviométrique 1901-2022 au Sénégal et en Gambie**

## **Analysis of the Change-points of the 1901-2022 Rainfall Series in Senegal and the Gambia**

**DIOP Cheikh**

Enseignant chercheur

Département de Géographie

Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Laboratoire de Climatologie et d'Environnement

Sénégal

**[cheikh83.diop@ucad.edu.sn](mailto:cheikh83.diop@ucad.edu.sn)**

**Date de soumission :** 16/10/2023

**Date d'acceptation :** 07/12/2023

**Pour citer cet article :**

DIOP. C. (2023) «Analyse des ruptures de la série pluviométrique 1901-2022 au Sénégal et en Gambie», Revue Internationale du chercheur «Volume 4 : Numéro 4» pp : 702-713

## Résumé

La rupture dans les séries pluviométriques intervenue à la fin des années 1960 et au début des années 1970 a été un changement majeur dans le climat du Sénégal et de la Gambie. Ses répercussions socio-économiques sont notoires aussi bien en milieu rural que dans la capitale Dakar. Elle n'est cependant pas le seul changement important dans la pluviométrie au Sénégal. Cet article détermine les ruptures dans la série pluviométrique dans les régions du Sénégal et en Gambie. L'analyse de longues séries (1901-1922) a permis de détecter les autres ruptures et de les comparer à la rupture récente intervenue dans les années 1990 et 2000. L'analyse d'une série de 122 ans a permis de montrer que les années de sécheresse des débuts des années 1970 et 1980 restent exceptionnelles. En revanche, la reprise récente des précipitations est comparable à des sous-périodes précédentes d'avant 1970. Ainsi, certains cumuls se singularisent par leur quantité jamais enregistrée depuis les années 1950. Ils font partie des années qui ont suivi la rupture de 2005 qui marque le retour des pluies dans la plupart des régions du Sénégal. Les stratégies actuelles de lutte contre les inondations et d'atténuation des effets des sécheresses doivent prendre en compte cette donnée pour une meilleure adaptation des communautés urbaines et rurales.

**Mots clés :** Rupture ; variabilité ; segmentation de Hubert ; Sénégal ; Gambie

## Abstract

The change-point in rainfall time-series that occurred in the late 1960s and early 1970s was a major climate change in Senegal and the Gambia. Its socio-economic repercussions are noticeable both in rural areas and in the capital city, Dakar. However, it is not the only significant change in rainfall in Senegal. This article determines the breaks in the rainfall series in the regions of Senegal and in the Gambia. Analysis of long series data (1901-1922) has allowed for the detection of other breaks and their comparison to the recent change-point in the 1990s and 2000s. A 122-year series analysis has shown that the drought years of the early 1970s and 1980s remain exceptional. In contrast, the recent increase in precipitation is comparable to earlier sub-periods before 1970. Thus, some rainfall values stand out for their quantity, not recorded since the 1950s. They are part of the years following the 2005 break, which marks the increase of rainfall in most regions of Senegal. Current strategies to combat floods and mitigate the effects of droughts must take this rainfall trend into account for a better adaptation of urban and rural communities.

**Keywords:** Change-point; variability; Hubert segmentation; Senegal; the Gambia

## Introduction

La grande variabilité de la pluviométrie est un fait marquant de climat du Sénégal et de la Gambie. Elle est lourde de conséquences sur les milieux, les populations et les activités. Elle constitue ainsi une problématique incontournable dans les questions de développement durable et de gestion des risques.

Les changements intervenus récemment dans l'évolution de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest, au Sénégal et en Gambie en particulier, ont suscité des interrogations. Les chercheurs se sont interrogés sur la fin ou la continuation de la sécheresse (L'Hôte, et al., 2002). Les fortes pluies enregistrées dans les années 2000 et 2010 ont justifié une comparaison avec la période humide des années 1950 et 1960 (Descroix, et al., 2013). Plus récemment, en 2020 et 2022, des cumuls journaliers élevés ont entraîné des saisons excédentaires avec comme conséquences d'importantes inondations.

La variabilité des précipitations se manifeste par des sécheresses et des pluies extrêmes (Sircoulon, 1976 ; Descroix, et al., 2015 ; Gaye & Niang, 2023). Les années 1950 et 1960 sont excédentaires (Ali & Lebel 2009). La fin des années 1960 et le début des années 1970 marque une période de rupture de la série (Karambiri & Gansaonre, 2023 ; Ozer, Bodart & Tychon, 2005 ; Diallo, Faye & Nacro, 2022 ; L'Hôte, et al., 2002 ; Nicholson, 2013). La diminution brutale des précipitations a eu des impacts sur les écoulements des cours d'eau (Mahé & Olivry, 1999).

D'autres travaux ont trouvé une reprise des précipitations dans les années 1990 (Gaye & Niang, 2023) ou dans les années 2000. Ainsi, une augmentation des pluies a été notée au début des années 2000 dans le Centre-Ouest du Sénégal (Diallo, Faye & Nacro, 2022). L'année 1993 a été identifiée comme étant le début de l'augmentation des pluies dans la zone sahélienne (Ali & Lebel, 2008). L'année de l'augmentation des précipitations varie d'une région à l'autre (Nicholson 2013).

Sur l'étendue du Sénégal et de la Gambie, les années de rupture présentent des variations. En outre, des ruptures dans les séries pluviométriques existent avant le début de la grande sécheresse des années 1970. Dans l'analyse d'une série de 122 années, nous cherchons l'occurrence du début de la grande sécheresse dans les différentes régions du Sénégal et en Gambie, l'augmentation des précipitations dans les années 1990 et 2000 et d'éventuelles ruptures intervenues avant la phase sèche des années 1970. La présente analyse cherche à

trouver des réponses sur l'augmentation récente des précipitations qui marquerait une rupture décisive dans les séries. Les années de rupture dépendent de la région.

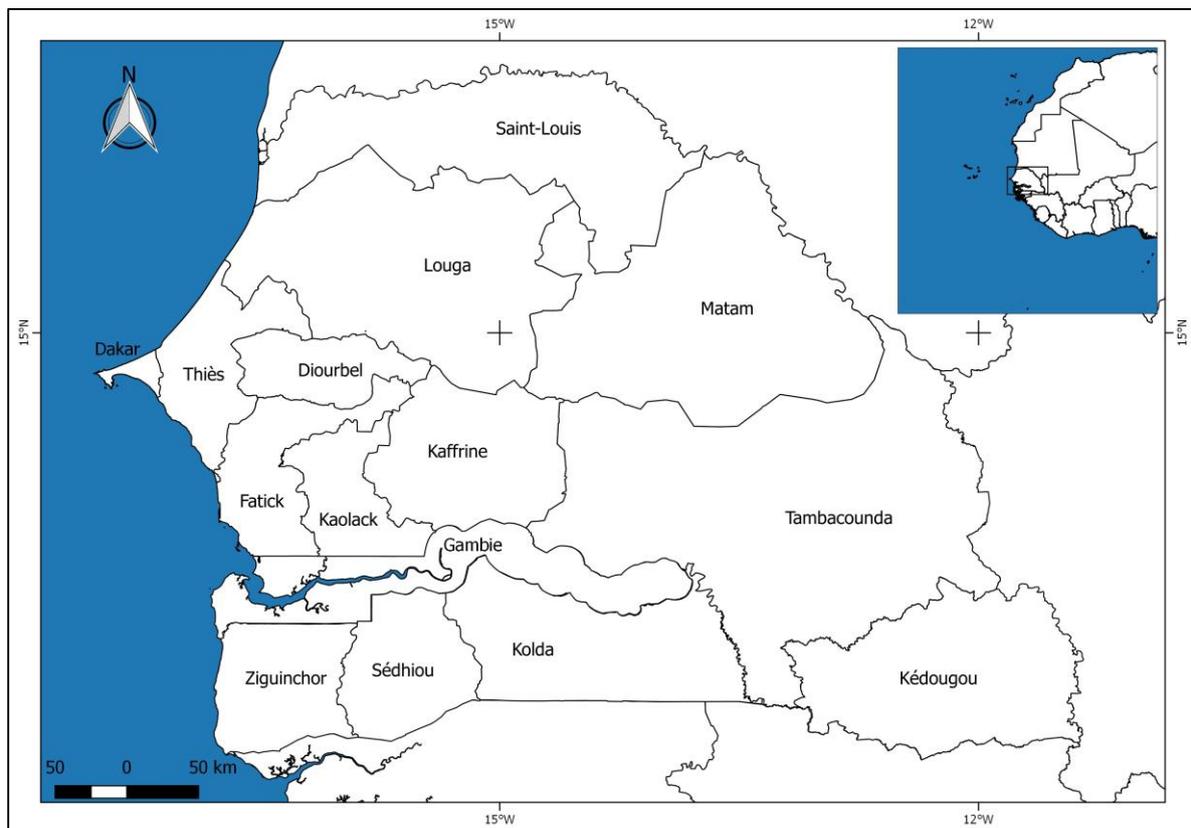
Avec une méthode de segmentation, la série pluviométrique a été subdivisée en différentes phases. La subdivision a été appliquée aux 14 régions du Sénégal et à la Gambie.

Les résultats des analyses ont permis d'abord d'identifier les phases pluviométriques (humides ou sèches) pour chaque région. Ensuite, les régions sont représentées sur une carte selon le nombre de ruptures et l'existence de rupture avant la sécheresse des années 1970.

## 1. Méthodologie

Pour analyser les ruptures et les différentes sous-périodes nous avons retenu une série pluviométrique de 122 ans (1901 à 2022). Les évolutions ne sont pas les mêmes d'une région à une autre du Sénégal et de la Gambie. Les évolutions ont été analysées en fonction des régions administratives du Sénégal (au nombre de 14) auxquelles nous avons ajouté la Gambie. La zone d'étude compte ainsi 15 entités (Figure N°1).

**Figure N°1 : Localisation de la Gambie et des régions du Sénégal**



Source : C. Diop, décembre 2023

Le Sénégal et la Gambie sont situés dans les zones climatiques sahélienne et soudanienne. La Gambie forme une enclave à l'intérieur du Sénégal. Ainsi, elle a le même climat que les régions de la moitié sud du Sénégal. Dans la nomenclature du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat, le Sénégal et la Gambie font partie de la région de l'Afrique de l'Ouest (Gutiérrez, et al., 2021). Le climat est semi-aride. Les pluies tombent durant l'hivernage qui dure trois à six mois. Les précipitations annuelles augmentent du nord vers le sud, de 300 à plus de 1000 mm (Sagna, 2007). La variabilité interannuelle est d'autant plus grande que les cumuls annuels sont faibles.

Les données mesurées dans les stations sont souvent lacunaires avec des séries courtes qui commencent en 1941 ou en 1961 pour la plupart des stations. Elles ne permettent pas de couvrir l'ensemble du territoire du Sénégal et de la Gambie. Aussi, avons-nous opté pour des données de simulation. Les données utilisées ont été téléchargées sur le site de la Climate Change Knowledge Portal : <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>. Ce sont des données historiques, de 1901 à 2022. La résolution est de 50 km x 50 km. Elles sont produites par la Climatic Research Unit (CRU) de University of Anglia.

Pour ne pas avoir à répéter l'application d'une méthode de détection de rupture dans la série, nous avons choisi une méthode de segmentation. Elle permet de diviser la série en deux ou plusieurs sous-périodes en fonction de l'importance des changements dans l'évolution de la variable. La méthode de segmentation de Hubert a été appliquée aux 15 séries. Elle est une méthode de partition de la série initiale en un nombre de séries dérivées appelées segments (Hubert, Carbonnel & Chaouche, 1989). Les tests ont été appliqués avec KhronoStat 1.01 (Boyer, 2002).

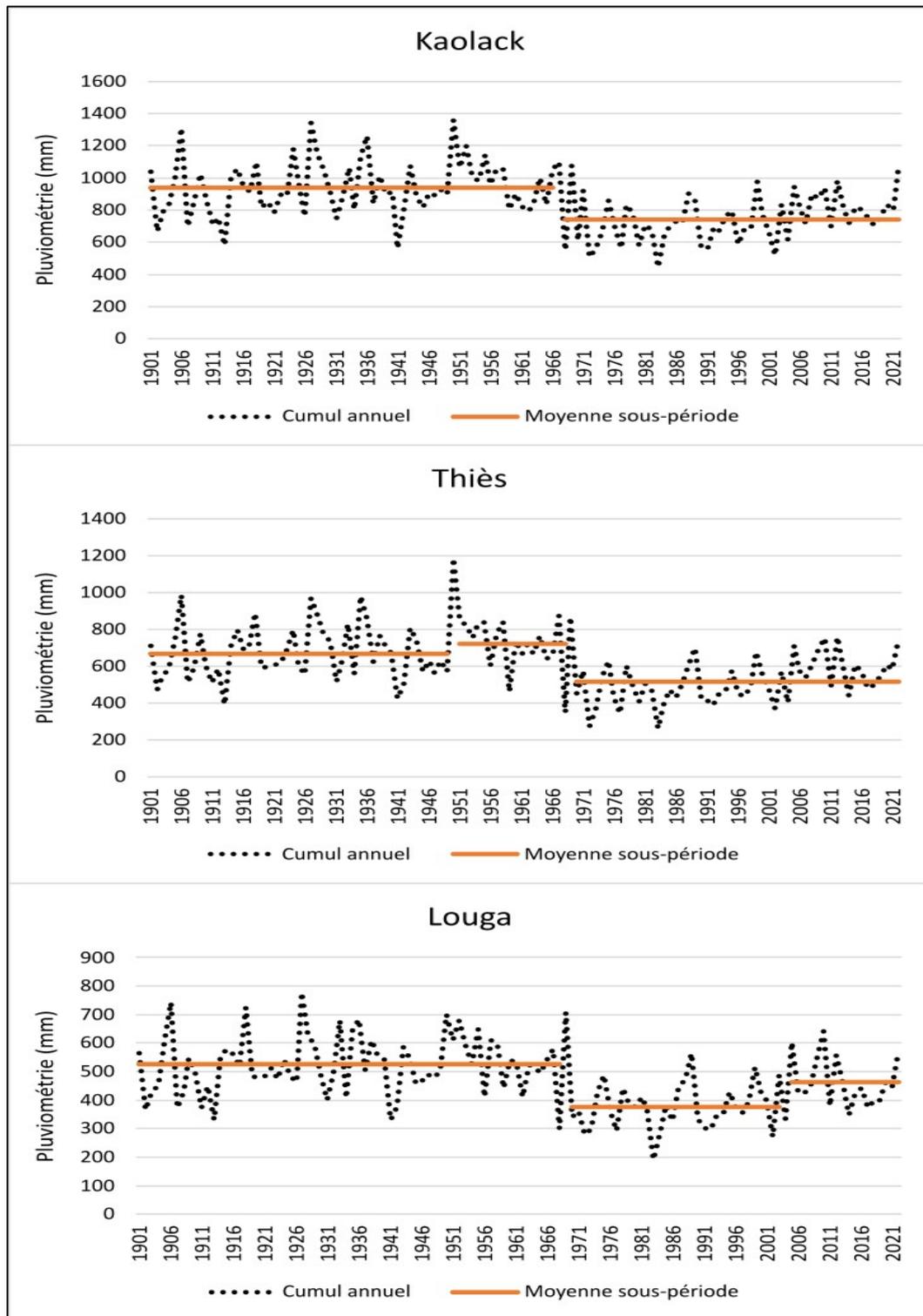
## **2. Résultats**

### **2.1. Les principales ruptures dans la série 1901-2022**

L'analyse des ruptures montre qu'il y a deux types d'évolution selon les ruptures détectées : une évolution à rupture unique et une évolution avec deux ruptures. Les années 1970 et 1980 sont déficitaires quelle que soit la région. La différence se situe dans la manifestation d'une phase humide avant la période sèche des années 1970. Trois régions permettent d'illustrer l'évolution de la pluviométrie (Figure N°2).

La situation de Kaolack correspond à une rupture unique. Les situations de Thiès et Louga correspondent à une évolution avec deux ruptures.

Figure N°2 : Ruptures dans la série 1901-2022 au Sénégal



Source : Climate Change Knowledge Portal

Deux régions (Kaolack et Gambie) affichent une seule rupture qui marque le début de la grande sécheresse en 1968. Cette dernière continue jusqu'à la fin de la série. L'évolution à

deux ruptures est caractérisée par une phase intermédiaire humide avant la grande sécheresse des années 1970 ou par une augmentation des pluies dans les années 2000. Cinq régions (Thiès, Kaffrine, Kolda, Tambacounda et Kédougou) correspondent au premier cas. Elles présentent une sous-période humide à pluviométrie excédentaire qui marque une hausse des précipitations avant le début de la phase sèche des années 1970. Cette hausse des quantités annuelles est constatée en 1933 (à Tambacounda), en 1950 (à Kaffrine, Kolda et Kédougou) et en 1951 à Thiès. Dans le cas d'une augmentation des précipitations après les années de sécheresse, la seconde rupture est intervenue en 1998, 2003 ou 2005 (Tableau N°1).

**Tableau N°1 : Seconde rupture marquant la hausse des précipitations**

	Saint-Louis	Matam	Louga	Dakar	Diourbel	Fatick	Sédhiou	Ziguinchor
Année de la reprise des précipitations	1998	2003	2005	2005	2005	2005	2005	2005

**Source : Climate Change Knowledge Portal**

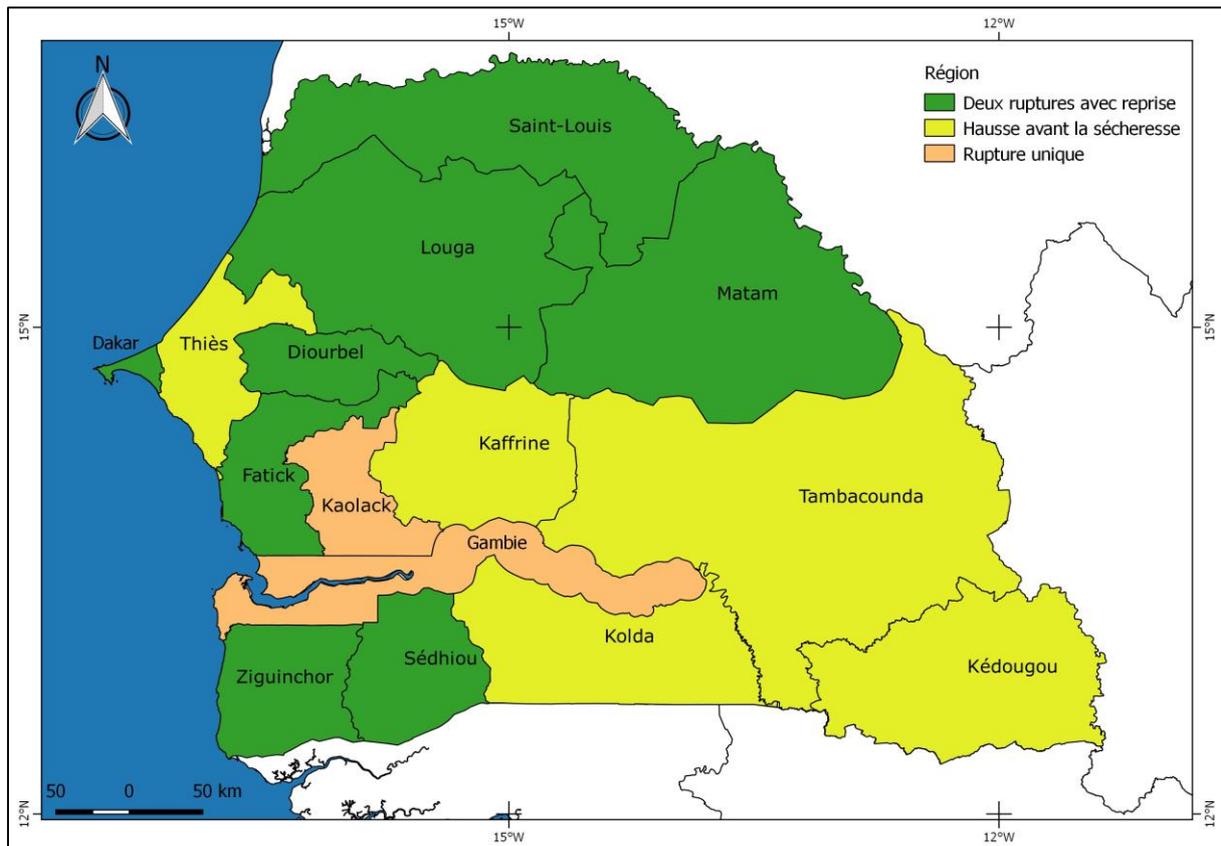
Des ruptures peuvent se manifester au début de la série, mais elles sont rares et ne durent pas plus de cinq ans. En outre, elles sont très différentes d'une région à une autre. Les principales ruptures, des années 1970 et 2000 sont plus représentatives. Treize régions sur les quinze ont enregistré leur année de rupture des précipitations qui marque le début de la sécheresse des années 1970 en 1968 ou en 1970.

## **2.2. Carte des ruptures**

Une reprise des précipitations est constatée dans la plupart des régions du Sénégal (Figure N°3). Une bonne partie du territoire est concernée par l'augmentation des précipitations notée dans les années 2000. Elle concerne le Nord du pays, mais aussi le Centre-Ouest et le Sud-Ouest.

Le Sud-Est et la région de Thiès affichent une augmentation du nombre d'années déficitaires à partir des années 1970. Il y a eu une hausse des cumuls dans les années 1950, mais pas après la rupture des années 1960 et 1970. Les régions voisines de Kaolack et de la république de Gambie se singularisent avec la rupture unique intervenue en 1968. Elles ont un comportement différent des régions alentour.

Figure N°3 : Régions selon le type de rupture



Source : Climate Change Knowledge Portal

Les régions présentant les mêmes comportements sont en général contiguës. C'est le cas du Nord du pays avec Saint-Louis, Matam et Louga. Thiès ne présente pas les mêmes caractéristiques que ses régions limitrophes. Elle a une tendance semblable à celle des régions du Sud-Est (Tambacounda, Kédougou et Kolda).

### 3. Discussion

L'existence de données antérieures à la période de la grande sécheresse offre une opportunité d'explorer les ruptures intervenues dans les séries pluviométriques au Sénégal et en Gambie. En outre, l'inclusion des années récentes a permis de mieux apprécier le caractère du retour à des précipitations excédentaires. En plus des ruptures décelées dans la série 1901-2022 avant la grande sécheresse des années 1970, notre analyse a détecté les ruptures observées avec les données mesurées dans les stations météorologiques. Ainsi, des années exceptionnellement humides ont existé avant et après la grande sécheresse (Sircoulon, 1976 ; Descroix, et al., 2015). Les travaux dans lesquels les auteurs ont utilisé des indices pour analyser la pluviométrie dans le Sahel ont montré que les années 1950 et 1960 sont excédentaires (Ali &

Lebel, 2009). La fin des années 1960 (1969) a été identifiée comme étant l'année de rupture de la série pluviométrique dans certaines régions du Burkina Faso (Karambiri & Gansaonre, 2023). Au Niger, dans la région de Gouré, c'est 1967 qui représente l'année de rupture vers une sous-période déficitaire (Ozer, Bodart & Tychon, 2005). Avec les données de la station de Mbour et Tivaouane, la rupture a été détectée en 1969 dans la région de Thiès (Diallo, Faye & Nacro, 2022). De même, grâce aux données de douze stations sahéliennes, des auteurs ont trouvé que 1969 constitue une rupture dans la pluviométrie (L'Hôte, et al., 2002). Dans d'autres recherches, l'année de rupture est intervenue au début des années 1970. En se basant sur des travaux publiés, Nicholson (2013) a trouvé les années 1970 comme étant le début de la phase de sécheresse dans le Sahel en Afrique de l'Ouest. Ainsi, à partir des années 1970 les écoulements des cours d'eau en Afrique de l'Ouest ont varié à la suite de la grande sécheresse (Mahé & Olivry, 1999).

La récente reprise des précipitations, notée en 2005 pour l'essentiel des régions analysées, est apparue dans certains travaux récents. En effet, une rupture a été détectée au début des années 2000 (Diallo, Faye & Nacro, 2022) dans le Centre-Ouest du Sénégal (région de Thiès). Certains travaux ont trouvé une reprise avant les années 2000. Selon Ali & Lebel (2009), le retour à des conditions plus humides a été noté en 1993 dans la zone sahélienne. En revanche, d'autres travaux ont montré que la sécheresse existait encore dans les années 1990 (L'Hôte, et al., 2002). En fait, l'année de la reprise des précipitations dépend de la localité (Nicholson, 2013). L'augmentation récente des cumuls annuels est illustrée par les années à pluviométrie excédentaire telles que 2005, 2009, 2012, 2015, 2017, 2020 et 2022.

L'analyse de données de simulation aboutit à des résultats comparables aux données mesurées. Elles ont permis de montrer le caractère représentatif de 1968 et 2005 dans l'évolution de la pluviométrie au Sénégal et en Gambie.

## Conclusion

Les ruptures dans les séries pluviométriques peuvent être détectées avec une seule méthode de segmentation. Celle de Hubert a ainsi permis de mettre en évidence les principales ruptures dans la série 1901-2022. La première reste le début de la grande sécheresse des années 1970 et 1980. Elle est intervenue en 1968 ou en 1970 dans la plupart des régions analysées. Ces années sont les mêmes que l'on trouve avec les données des stations météorologiques. La seconde est le début du retour à des conditions plus humides à partir de 2005. Huit régions sur les quinze analysées présentent cette deuxième rupture vers des conditions humides avec une

augmentation des totaux annuels. Les autres régions (sept) ne présentent pas de reprise des précipitations dans les années 1990 ou 2000.

Les données pluviométriques complètes et représentatives de toute l'étendue du territoire permettent de mieux comprendre l'évolutions spatio-temporelle des précipitations. Elles constituent une alternative en Afrique de l'Ouest où le réseau des stations de mesures est très lâche. Les ruptures dans les séries pluviométriques montrent que l'année 2005 est particulière de par l'abondance des précipitations. En outre, elle marque le début d'une nouvelle phase humide dans plusieurs localités. La détection des ruptures et des tendances récentes constitue une information climatique d'importance dans les mesures d'adaptation à la variabilité climatique. En effet, la détermination des sous-périodes, sèches ou humides, permettent d'adapter les infrastructures, l'habitat, l'occupation de l'espace, etc. Les aléas et les atouts climatiques au Sénégal et en Gambie dépendent largement des caractéristiques de la pluviométrie, d'où l'intérêt de la connaissance de leurs variations spatio-temporelles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ali, A. et Lebel, T. (2009). The Sahelian Standardized Rainfall Index Revisited. *International Journal of Climatology*, 12, 1705-1714.
- Boyer, J.F. (2002). *KhronoStat – Logiciel d’analyse statistique de séries chronologiques*. Maison des Sciences de l’Eau, Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier.
- Descroix, L., Diongue, A.N. Dacosta, H., Panthou, G., Quantin, G. et Diédhiou, A. (2013). Évolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger-Moyen (Sahel). *Climatologie*, 10, 37-49.
- Descroix, L., Diongue, A.N., Panthou, G., Bodian, A., Sané, Y., Dacosta, H., Malam Abdou, M., Vandervaere, J.-P. et Quantin, G. (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l’Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le Bassin du Niger Moyen. *Climatologie*, 12, 25-43.
- Diallo, S., Faye, MB. & Nacro, H.B. (2022). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur les rendements et les surfaces cultivées dans le bassin arachidier de la région de Thiès (Sénégal). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. <http://journals.openedition.org/vertigo/34710>.
- Gaye, D. & Niang, S. (2023). Post-Sécheresse climatique sahélienne : le retour à des conditions plus humides au Nord-Sénégal et au Ferlo sénégalais est-il accompagné d’une augmentation des pluies journalières intenses ? *Revue Internationale De La Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 1(3), 232–240. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7933217>
- Gutiérrez, J.M., Jones, R.G., Narisma, G.T., Alves, L.M., Amjad, M., Gorodetskaya, I.V., Grose, M., Klutse, N.A.B., Krakovska, S., Li, J., Martínez-Castro, D., Mearns, L.O., Mernild, S.H., Ngo-Duc, T., van den Hurk, B. & Yoon, J.-H. (2021). Atlas. In Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Pean, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., and Zhou, B. (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (pp. 1927–2058). Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Hubert, P., Carbonnel, J.P. & Chauche, A. (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques - Application à des séries de précipitations et de débits de l’Afrique de l’Ouest. *Journal of Hydrology*, 110, 349-367.



Karambiri, B.L.C.N. & Gansaonre, R.N. (2023). Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie dans les zones soudaniennes, soudano-sahélienne et sahélienne du Burkina Faso, ESI Preprints. <https://esipreprints.org/index.php/esipreprints/article/view/323/314>.

L'Hôte, Y., Mahé G., Somé B. & Triboulet, J.P. (2002). Analysis of a Sahelian Annual Rainfall Index from 1896 to 2000: the Drought Continues. *Hydrological Sciences*, 47, 563-572.

Mahé, G. & Olivry, J.-C. (1999). Assessment of Freshwater Yields to the Ocean along the Intertropical Atlantic Coast of Africa (1951-1989). *Earth & Planetary Sciences*, 328, 621-626.

Nicholson Sh.E. (2013). The West African Sahel: A Review of Recent Studies on the Rainfall Regime and Its Interannual Variability. *ISRN Meteorology*, vol. 2013. <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/453521/>.

Ozer, P., Bodart, C. & Tychon, B. (2005). Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, 308, 1-24. <http://journals.openedition.org/cybergeo/3338>.

Sagna, P. (2007). Caractéristiques climatiques. In Ndiaye, P. (Éd.), *Atlas du Sénégal* (pp 66-69). Paris : Jeune Afrique.

Sircoulon, J. (1976). La récente sécheresse des régions sahéliennes. *La houille blanche*, 6-7, 537-548.