



Post-Sécheresse climatique sahélienne : le retour à des conditions plus humides au Nord et au Ferlo sénégalais est-il accompagné d'une augmentation des pluies journalières intenses ?

Demba GAYE¹ & Souleymane NIANG²

¹Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Département de Géographie, Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal)

²Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](#) license.



Résumé : Au Sahel, les travaux réalisés sur les fluctuations de la pluviométrie n'ont que peu mis l'accent sur l'évolution des pluies journalières intenses. Cependant l'étude de ces événements pluvieux est important du fait d'une part de leur influence sur les totaux annuelles et d'autre des conséquences qu'elles peuvent engendrer notamment les inondations. L'objectif de ce travail est de vérifier si le retour à des conditions plus humides noté dans cette région depuis la décennie 1990-2000 est accompagné d'une augmentation de pluies journalières intenses et s'il existe une corrélation entre ces deux variables au Nord-Sénégal et au Ferlo Sénégalais. L'analyse de l'évolution des totaux pluviométriques annuelles nous a permis d'évaluer le niveau de retour à des conditions humides à la période actuelle comparativement à la période précédente. Le suivi pour chaque station de l'évolution du nombre de jours et de la somme des pluies intenses a révélé leurs fluctuations au cours de cette série et leur variabilité interannuelle. L'étude des maxima montre que les occurrences mensuelles des pluies intenses sont plus fréquentes au mois d'août et que les maxima principaux des totaux sont toujours enregistrés à la période actuelle. Les résultats du test de Buishand montrent qu'aucune rupture de tendance n'a été notée dans l'évolution des pluies intenses à la période actuelle. Cependant, le coefficient r de Pearson (NBPI/PT et \sum PI/PT) révèle une corrélation partout positive et toujours supérieure à 0,6, ce qui indique une relation linéaire forte entre ces variables et qu'elles évoluent dans le même sens.

Mots-clés : Nord-Sénégal ; Ferlo Sénégalais ; Corrélation ; Conditions humides ; Pluies intenses ; Pluies totales

Abstract: In the Sahel, work on rainfall fluctuations has placed little emphasis on the evolution of intense daily rainfall. However, the study of these rainfall events is important because of their influence on annual totals on the one hand, and because of the consequences that they can generate, particularly flooding. The objective of this work is to verify whether the return to wetter conditions noted in this region since the 1990-2000 decade is accompanied by an increase in intense daily rainfall and whether there is a correlation between these two variables in North Senegal and Ferlo Senegal. The analysis of the evolution of annual rainfall totals allowed us to assess the level of return to wet conditions in the current period compared to the previous period. Monitoring the evolution of the number of days and the sum of intense rainfall for each station revealed their fluctuations during this series and their interannual variability. The study of the maxima shows that the monthly occurrences of intense rainfall are more frequent in August and that the main maxima of the totals are always recorded in the current period. The results of the Buishand's test show that no break in trend was noted in the evolution of

intense rainfall in the current period. However, Pearson's r coefficient (NBJPI/PT and \sum PI/PT) reveals a correlation that is positive everywhere and always greater than 0.6, indicating a strong linear relationship between these variables and that they are moving in the same direction.

Keywords: North Senegal; Senegalese Ferlo; Correlation; Wet conditions; Intense rainfall; Total rainfall

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.7933217>

1 Introduction

Le Nord et le Ferlo Sénégalais constituent la quasi-totalité (plus de 9/10^{ème}) du Sahel sénégalais (fig.1). Ce dernier s'étend approximativement entre les latitudes 14°30 Nord et 16°15 Nord et entre les longitudes 12°50 Ouest et 16° Ouest. De façon précise, il s'étend entre la latitude de Linguère (15°23'N) au sud jusqu'à la latitude de Podor (16°38'N) au nord. En longitude, il va de l'axe Saint-Louis-Potou (16°27'W) jusqu'à Matam (14°56'W), soit une superficie de 40 680 km² (Gaye et Sow, 2019). Cette zone se caractérise en général par une faiblesse des totaux pluviométriques. Ici, les pluies d'hivernage constituent l'essentiel des précipitations et se concentrent quasiment sur trois mois (juillet, août et septembre), elles s'étalent exceptionnellement jusqu'au mois d'octobre. En outre, dans cette région septentrionale du Sénégal, le comportement pluviométrique se traduit aussi par une forte variabilité des pluies journalières intenses. Ce sont des pluies qui apportent sur une courte durée (d'une heure à une journée) une importante quantité d'eau. Nous retenons > 40mm dans cette étude en accord avec la définition de Camberlin et al. (2002).

Aux latitudes tempérées, les événements de pluies intenses correspondent essentiellement à trois types de phénomènes :

- des perturbations particulièrement actives, entraînant de fortes pluies stratiformes,
- des systèmes convectifs de méso-échelle,
- des orages isolés.

Les pluies les plus intenses sont généralement associées aux deux derniers types d'événements. Certains de ces épisodes sont dus à des orages très localisés pour lesquels il n'existe pas de précurseurs de grande échelle caractéristiques. Mais la plupart d'entre eux correspond à des phénomènes de plus grande ampleur appelés « systèmes convectifs de méso-échelle » (MCS, *mesoscale convective systems* en anglais) qui sont associés à des conditions synoptiques assez spécifiques.

Ces systèmes convectifs (MCS) provoquent des cumuls de précipitations particulièrement élevés lorsqu'ils demeurent quasi-stationnaires, c'est-à-dire lorsque de nouvelles cellules convectives sont générées en leur sein pendant plusieurs heures.

Abordant la question des pluies journalières intenses au Nord-Sénégal, Gaye (2017) notait une diminution de 37,5% de leur fréquence depuis les années 70 comparée à la période précédente.

L'objectif de ce travail est justement de vérifier si le retour à des conditions plus humides noté dans cette région depuis la décennie 1990-2000 est accompagné d'une augmentation de pluies journalières intenses et s'il existe une corrélation entre ces deux variables dans cette région. Il s'agira spécifiquement :

- d'évolution la fréquence du nombre de jours (NBJPI) et de la somme des pluies intenses (\sum PI) pour chacune des stations de la zone,
- de comparer cette fréquence de pluies intenses à la période actuelle et celle de la période de sécheresse,
- d'analyser la fréquence des occurrences du maximum mensuel du nombre de jours de pluies et celle du maximum des totaux annuels de pluies intenses et
- de vérifier la corrélation entre l'évolution des pluies intenses et celle des pluies totales.

2 Méthodes

2.1 Origine et types de Données

Les données utilisées dans cette étude ont été recueillies à l'ANACIM (l'Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie) du Sénégal et concerne les séries pluviométriques journalières et les totaux annuels de 1972 à

2016. À partir des données pluviométriques journalières, nous avons obtenu celles du nombre de jours de pluie intense (NBPI) et de la somme des pluies intenses (ΣPI). Elles nous ont aussi permis d'obtenir les données de maxima mensuels. La figure 1 indique le positionnement de ces stations.

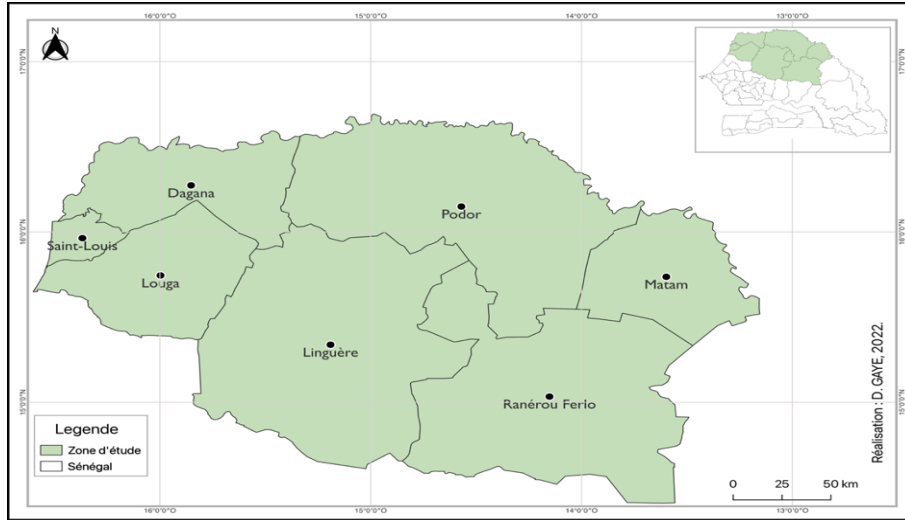


Figure 1. Localisation du Nord et du Sahel Sénégalais et positionnement des stations retenues dans cette étude

2.2 Méthodes de traitement

Grace logiciel QGIS, nous avons généré des cartes d'interpolation avec la méthode de Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW). Les traitements concernent la variation de la reprise pluviométrique et la variation des totaux de pluies intenses avant et après la reprise pluviométrique. L'ensemble de ces techniques méthodologiques employées nous permet d'abord de détecter les éventuels points de reprise suivant les stations et d'évaluer le niveau de retour à des conditions humides à la période actuelle comparativement à la période précédente et ensuite d'analyser l'importance des pluies intenses suivant les périodes.

Nous avons ensuite analysé les occurrences du maxima mensuel pour voir en quelle partie / quels mois de l'hivernage les pluies intenses sont le plus enregistrés.

Au troisième projet nous avons appliqué le test de Buishand, capable d'estimer la position d'un changement de moyenne, marquant le début d'une phase. Ce test statistique est défini à partir du maximum de la somme cumulée des écarts à la moyenne et à la médiane. Il fait référence au modèle simple qui suppose un changement de la moyenne dans la série. Pour tout changement de moyenne survenant au milieu de la série, la statistique U du test s'avère performante. Buishand (1982) démontre par ailleurs que la série S_k/O suit une loi normale de moyenne nulle et de variance $k(n-k) O^2/n$ (sous l'hypothèse de stationnarité). Le test s'écrit ainsi :

$$E(x_i) = \mu \quad i=1,2,3,\dots,m$$

$$E(x_i) = \mu + \Delta \quad i = m + 1, m + 2, \dots, n$$

Où μ est la moyenne avant le changement et Δ est le changement de moyenne

Les écarts cumulatifs des moyennes sont calculés comme suit :

$$S'_0 S'_k = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, m$$

Les sommes partielles ajustées et remesurées sont obtenues en divisant les valeurs de S_k^* par l'écart type :

$$S^* K^* = s_k^* / D_x$$

$$D_k^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

La formule statistique du test est par conséquent :

$$Q = \max |S'_k|$$

Le but de ce test est de détecter ou non un changement de la moyenne dans une série chronologique après m observations. Le test de Buishand a été appliqué sur les sommes annuelles de pluies intenses à l'aide du logiciel de l'IRD *Kronostat*.

Au dernier point, nous analysons le coefficient de corrélation (nous utilisons ici la corrélation r de Pearson) pour vérifier l'existence ou non d'une corrélation entre pluies totales et pluies intenses. La formule de corrélation r de Pearson utilisée est :

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

Avec:

- **Cov (XY)** : covariance de XY ;
- σ_x : écart-type de X;
- σ_y : écart-type de Y.

3 Résultats

3.1 Évolution des totaux pluviométriques annuels, positionnement et importance de la rupture

Dans leur article publié en 2019 (Gaye et Sow, 2019), nous avons constaté qu'une tendance de retour progressif vers la normale pluviométrique est notée pour la plupart des stations de la région notamment celles du nord et de Ranérou au cours du Ferlo entre la fin des années 1980 et durant la décennie 1990-1999.

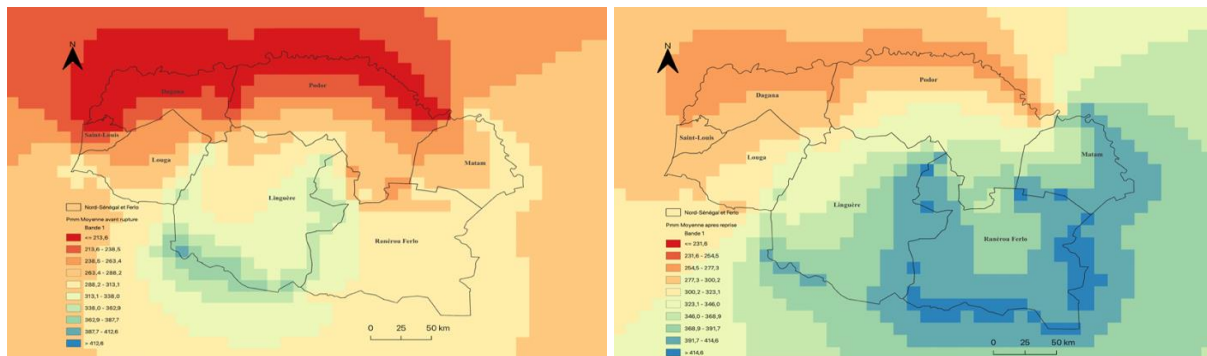


Figure 2. Importance du retour à des conditions plus humides aux stations nord et du Ferlo Sénégalais (avant reprise à gauche, après reprise à droite)

Quand on compare les moyennes de sous-séries pluviométriques pour chacune des stations, on observe l'ampleur de cette tendance de retour vers des conditions de plus en plus humides. En effet, par rapport à la période allant de 1972 à l'année de rupture, nous sommes actuellement (depuis l'année de reprise) entre 39 et 46 % de reprise (fig.2). Aucune reprise n'a été notée aux stations de Louga et de Linguère.

3.2 Évolution du nombre de jours et de la somme des pluies intenses

Cette analyse sur la période 1972 à 2016 fait apparaître une inégalité dans la distribution temporelle des pluies intenses aux Nord et Ferlo Sénégalais (fig.3). En effet sur notre série 53 à 89% des années ont connu des pluies intenses toutes stations confondues. Le nombre de jours annuels de pluies intenses varie de 1 à 4 jours à Saint-Louis et à Podor, 1 à 5 à Louga, 1 à 7 à Matam, à Linguère et à Ranérou.

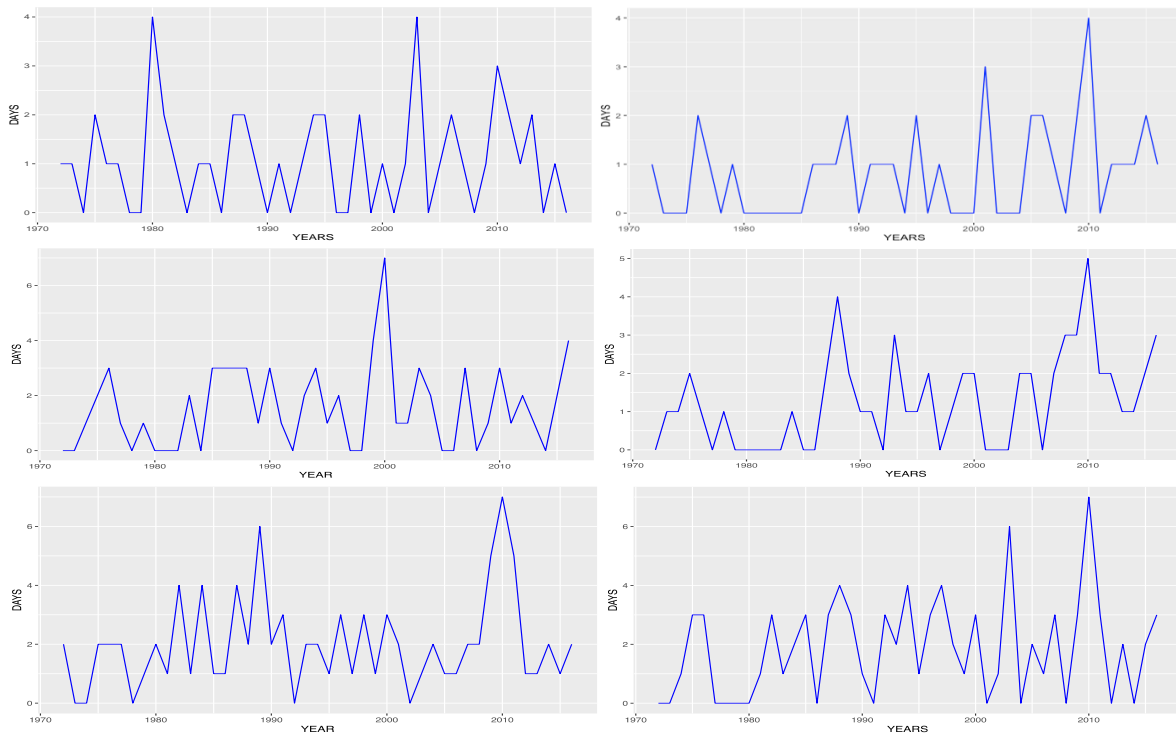


Figure 3. Évolution annuelle de nombre de jours de pluies intenses aux stations du Nord et du Ferlo Sénégalais, 1970-2016 (de gauche à droite et du haut en bas : Saint-Louis, Podor, Matam, Louga, Linguère, Ranérou)

Ces stations enregistrent respectivement un maximum principal de nombre de jours annuels de pluies intenses respectif de 4 en 1980 et 2003, 4 en 2010, 5 en 2010, 7 en 2000, 7 en 2010, 7 en 2010 et un maximum secondaire respectif de 3 en 2010, 3 en 2001, 4 en 1988, 4 en 2016, 6 en 1989, 6 en 2003. Il est important de souligner qu'environ 77% des maxi principaux et/ou secondaires du nombre de jours de pluie sont enregistrés durant la période actuelle (2000-2016).

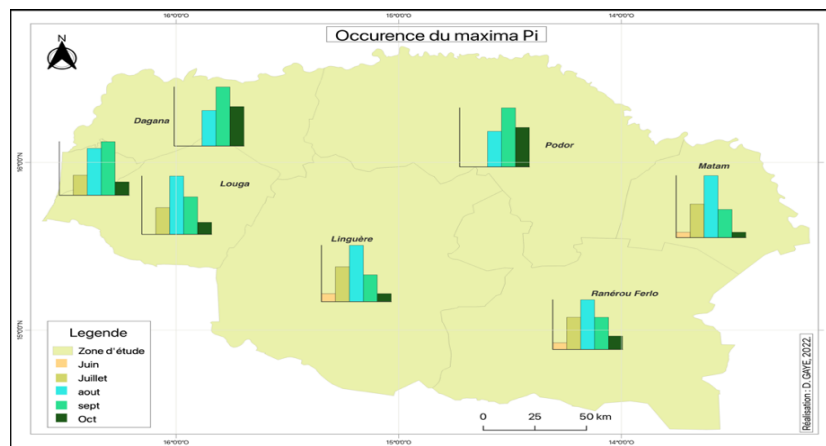


Figure 4. Répartition mensuelle des occurrences du maximum pluviométrique aux stations du Nord et du Ferlo Sénégalais (1972-2016)

S'agissant des occurrences du maximum mensuel (fig.4), les pluies intenses sont beaucoup plus fréquentes au mois d'août dans la majeure partie des stations de la zone (Matam 46%, Louga 44%, Linguère 42% et Ranérou 37%). seules les stations de Saint-Louis et Podor enregistrent un maximum d'occurrence en septembre avec respectivement 40 et 44% des fréquences. Sans chercher à ressortir tout de suite une quelconque corrélation, force est de constater que les occurrences des maximum de pluies intenses correspondent respectivement à celles des totaux pluviométriques annuels des stations de cette étude.

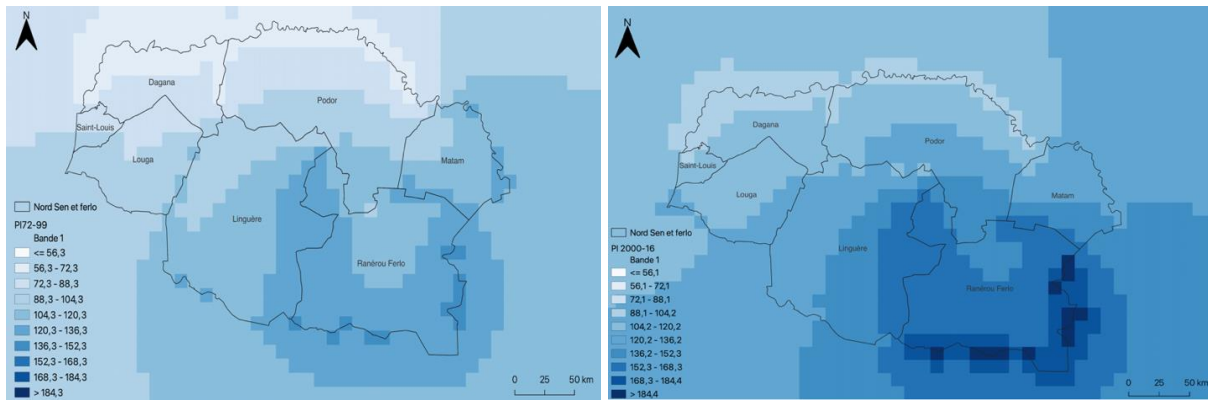


Figure 5. Évolution annuelle des totaux des pluies intenses aux stations du Nord et du Ferlo Sénégalais (1972-2016)

Pour ce qui est de l'analyse de l'évolution de la somme (totaux) annuelles des pluies intenses (fig.5), il importe de noter que dans notre zone d'étude, 24 à 40 des 45 années de notre série ont enregistré au moins une pluie intense. La moyenne des totaux annuelles de pluies intenses est de 96mm à Saint-Louis, 81mm à Podor, 128mm à Matam, 106mm à Louga, 127mm à Linguère et 156mm à Ranerou. Le maximum principal des totaux de pluies intenses est enregistré en 2010 à Saint-Louis (264mm), Podor (208mm) et Louga (264mm), en 2000 à Matam (374mm), en 2009 à Linguère (414mm) et en 2003 à Ranerou (549mm). Ces totaux sont supérieurs voir largement supérieurs au double de la moyenne interannuelle respective des stations. Le constant important est que comme nous l'avons noté avec le nombre de jours de pluies intenses, les maxima principaux des totaux sont toujours enregistrés à la période actuelle. Ces deux constants témoignent du caractère manifeste des pluies intenses depuis les années 2000. Cette situation est d'autant plus une réalité que même les maxima secondaires sont enregistrés au courant de cette période partout dans la zone (2003 à Saint-Louis, 2001 à Podor, 2009 à Linguère et 2003 à Ranerou) à la seule exception des stations de Matam et Louga.

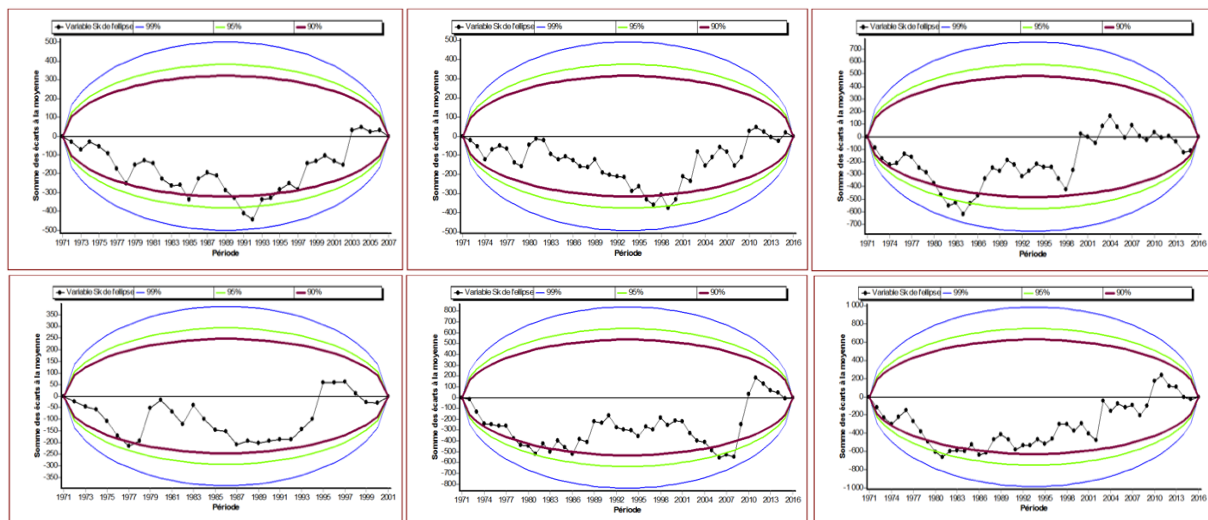


Figure 6. Ellipses de Bois des séries de pluies intenses des stations étudiées (de gauche à droite et du haut en bas : Saint- Louis, Podor, Matam, Louga, Linguère, Ranerou)

Malgré que les maxima principaux et secondaires soient notés à la période actuelle, les résultats du test de Buishand (1982) ne montrent aucune reprise de tendance dans l'évolution des pluies intenses. L'allure des variables Sk (somme des écarts à la moyenne) des ellipses des séries de pluviométrie de nos stations (fig.6) révèle une stationnarité du phénomène étudié. En effet, tous les points correspondant à la somme des écarts cumulés à la moyenne restent dans l'intervalle de confiance 99 %. Ce qui révèle alors une absence d'inter-indépendance entre l'évolution des pluies intenses et celle des totaux pluviométriques annuels. Ceci est d'autant plus manifeste que mêmes les stations de Saint-Louis, Podor, Matam et Ranerou (où un retour progressif vers la normale pluviométrique est noté), n'affichent aucune reprise.

Cependant dans le but de vérifier la relation entre PI et PT, nos résultats révèlent l'existence d'une corrélation entre les pluies intenses et les pluies totales au niveau de nos différentes stations.

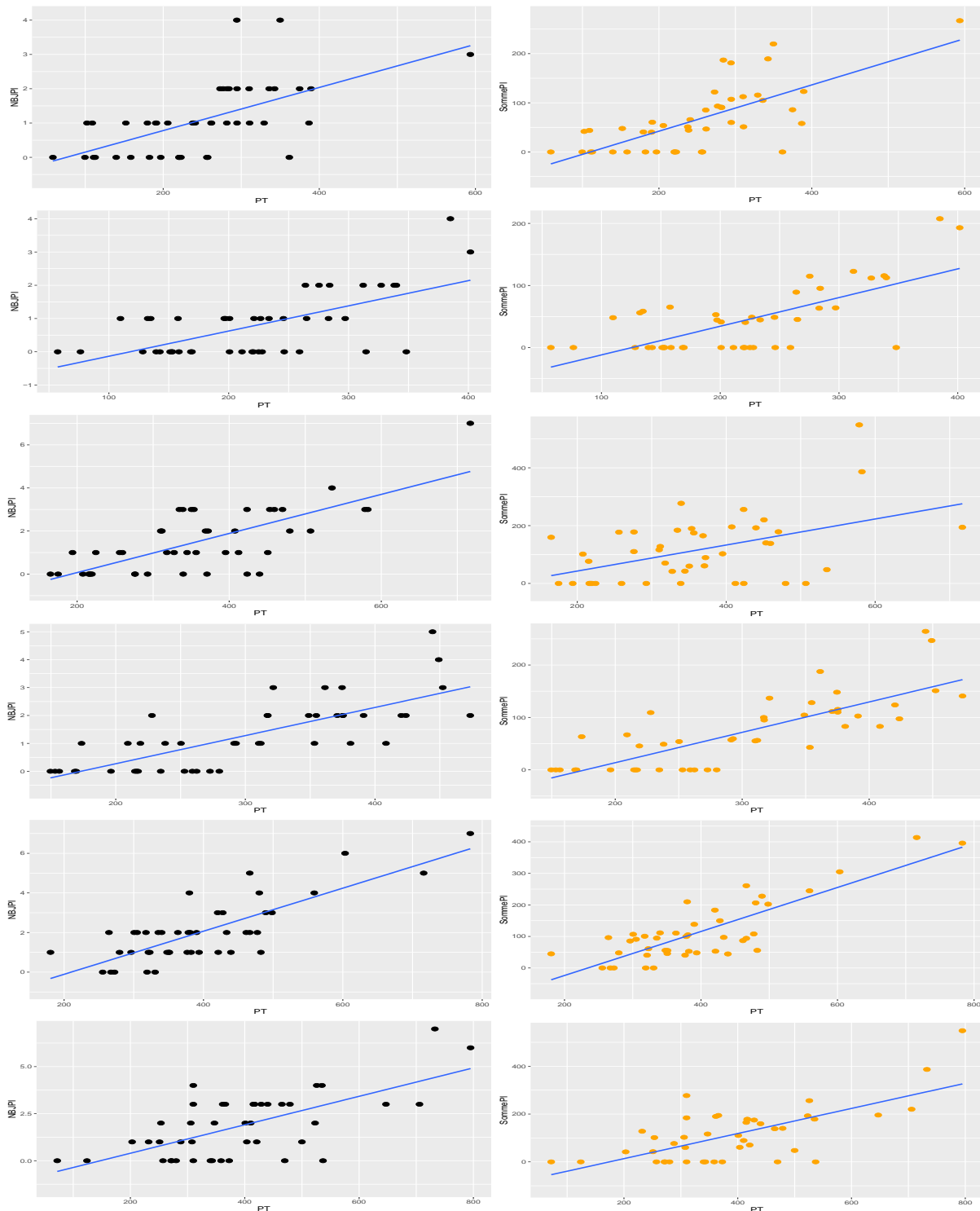


Figure 7. Corrélation nombre de jours de pluies intenses/pluies totales (points noirs) et somme de pluies intenses/pluies totales aux stations (points oranges) du Nord et du Ferlo Sénégalais (du haut en bas : Saint-Louis, Podor, Matam, Louga, Linguère, Ranérou),1972-2016

En effet, aussi bien avec le nombre de jours de pluies intenses (NBPI) qu'avec la somme des pluies intenses annuelles ($\sum PI$), la corrélation r de Pearson (figure 7) est partout positive et toujours supérieure à 0,6 c'est-à-dire plus proche de 1, ce qui indique que cette relation linéaire entre ces variables est forte. En détail, r est égale à 0,71

(PT/ \sum PI) et 0,61 (PT/NBJPI) à Saint-Louis, 0,79 (PT/ \sum PI) et 0,64 (PT/NBJPI) à Podor, 0,74 (PT/ \sum PI) et 0,73 (PT/NBJPI) à Matam, 0,79 (PT/ \sum PI) et 0,76 (PT/NBJPI) à Louga, 0,83 (PT/ \sum PI) et 0,80 (PT/NBJPI) à Linguère et 0,68 (PT/ \sum PI) et 0,66 (PT/NBJPI) à Ranérou. Cette corrélation positive indique que les variables évoluent dans le même sens, autrement dit lorsqu'une variable augmente, l'autre augmente aussi.

4 Discussion

Au nord et au Ferlo Sénégalais, le comportement pluviométrique se traduit aussi par une forte variabilité des pluies journalières intenses. L'un des constants importants est qu'aussi bien pour le nombre de jours que pour cumul des pluies intenses, les maxima principaux et secondaires sont toujours enregistrés à la période actuelle dans toutes les stations étudiées, ce qui atteste une situation plus importante des pluies intenses depuis les années 2000. Nos résultats sont en phase avec ceux de Tramblay et al. (2021) qui soulignent que les études récentes montrent une augmentation de l'intensité et de l'occurrence des précipitations. Parmi ces études nous avons celles de Blanchet et al. (2018) ; Soubeyroux *et al.* (2015) et Ribes *et al.* (2019). Analysant l'évolution des caractéristiques pluviométriques et recrudescence des inondations dans les localités riveraines du fleuve Niger, Bahari *et al.* (2018) trouvent des résultats similaires aux nôtres et soulignent que les maxima pluviométriques journaliers sont en nette augmentation, mais toujours variables d'une station à une autre dans la région. Notre constat est fortement identique à celui de Descroix *et al.* (2013) qui, faisant allusion aux pluies intenses soulignent qu'elles ont « atteint durant la décennie 2000-2010 les plus hauts niveaux qu'elles avaient dans les années 1950-1970 tant en nombre d'événements qu'en cumul des précipitations correspondant à ces événements ». En outre, nos résultats montrent qu'en dépit de ce constant, les résultats du test de Buishand (1982) ne montrent aucune reprise de tendance dans l'évolution des pluies intenses, ce qui révèle leur stationnarité. Ce résultat est similaire avec celui Ozer *et al.* (2009) qui, analysant les tendances de divers indices pluviométriques en corrélation avec les totaux pluviométriques annuels dans l'est de Niger, soulignent que l'analyse de la fréquence des pluies intenses et extrêmes ne montre pas de tendance significative particulière dans la quasi-totalité des stations couvertes. Cependant les résultats de la corrélation r établie d'un côté entre nombre de jours de pluie intenses et pluies totales et de l'autre entre somme de pluies intenses et pluies totales aux stations du Nord et du Ferlo Sénégalais montre un coefficient partout positif. Des résultats similaires ont été trouvés au Burkina-Faso par Albergel (1986) qui note que les pluies supérieures à 40 mm expliquent en moyenne 50 % de la variation de la pluviométrie annuelle et trouve un coefficient de détermination atteignant 56% à la station de Dori. Bodian et al. (2011) trouvent mieux et avancent que les pluies >40 mm expliquent en moyenne à elles seules, pour l'ensemble des stations de Mamou, Labé et Siguiri, 60% de la variation de la pluviométrie annuelle.

5 Conclusion

L'objectif de ce travail est de vérifier si le retour à des conditions plus humides noté dans cette région depuis la décennie 1990-2000 est accompagné d'une augmentation de pluies journalières intenses et s'il existe une corrélation entre ces deux variables au Nord et au Ferlo Sénégalais à travers 6 stations synoptiques et climatiques parfaitement réparties sur l'étendue du territoire (Saint-Louis, Podor, Matam, Louga, Linguère, Ranérou). Les données utilisées dans cette étude concerne les séries pluviométriques journalières et les totaux annuels de 1972 à 2016. À partir des données pluviométriques journalières, nous avons obtenu celles du nombre de jours de pluie intense (NBPI) et de la somme des pluies intenses (\sum PI). Elles nous ont aussi permis d'obtenir les données de maxima mensuels.

L'ensemble de ces techniques méthodologiques employées nous permet d'abord de détecter les éventuels points de reprise suivant les stations et d'évaluer le niveau de retour à des conditions humides à la période actuelle comparativement à la période précédente et ensuite d'analyser l'importance des pluies intenses suivant les périodes. Le suivi de l'évolution du nombre de jours et de la somme des pluies intenses a révélé leurs fluctuations au cours de cette série et leur variabilité interannuelle. Ce suivi a aussi montré que les maxima principaux et secondaires de ces pluies intenses sont toujours enregistrés depuis les années 2000. Si aucune reprise de tendance n'a été notée dans l'évolution des pluies intenses à la période actuelle, le coefficient r de Pearson (NBPI/PT et \sum PI/PT) révèle une corrélation partout positive et toujours supérieure à 0,6, ce qui indique une relation linéaire forte entre ces variables et qu'elles évoluent dans le même sens.

REFERENCES

- [1] Albergel J., 1986, Évaluation de la pluviométrie en Afrique Soudano-Sahélienne exemple du Burkina-Faso, In : *Colloque CIEH* sur la révision des normes hydrologiques suite aux incidences de la sécheresse (Ouagadougou), 19 p. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/39667.pdf
- [2] Bahari I. M., Moussa I. B. et Maïga O. F., 2018, Évolution des caractéristiques pluviométriques et recrudescence des inondations dans les localités riveraines du fleuve Niger, *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, Regards / Terrain, mis en ligne le 25 mai 2018, consulté le 05 avril 2022 ; <http://journals.openedition.org/vertigo/19891> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.1989>
- [3] Blanchet J., Molinié G. et Touati J., 2018, Spatial analysis of trend in extreme daily rainfall in southern France, *Climate Dynamics*, 51(3): 799-812. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3122-7>
- [4] 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* [En ligne], 5 ; <http://journals.openedition.org/physio-geo/1958> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/physio-geo.1958>
- [5] Buishand T. A., 1982, Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58: 11-27. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90066-X](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90066-X)
- [6] Camberlin P., Beltrando G., Fontaine B. et Richard Y., 2002, Pluviométrie et crises climatiques en Afrique tropicale : changements durables ou fluctuations interannuelles ?, *Historiens et Géographes*, 379 : 263-273. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers3/010029313.pdf
- [7] Descroix L., Diongue Niang A., Dacosta H., Panthou G., Quantin G., Diedhiou A., 2013, Évolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger moyen (Sahel), *Climatologie* [En ligne], mis à jour le 07/07/2015 ; <https://climatologie.edpsciences.org/articles/climat/pdf/2013/01/climat201310p37.pdf>
- [8] Gaye D. et Sow S. A., 2019, Variabilité pluviométrique au Sahel sénégalais : évaluation du retour progressif vers la normale, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 33: 84-105. https://revist.net/REVIST_33/REVIST_33_6.pdf
- [9] Gaye D., 2017, Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis, *Noroi*, 244: 63-76. <https://doi.org/10.4000/noroi.6165>
- [10] Ozer P., Hountondji Y-C. et Laminou M., 2009, Évolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007, *Geo-Eco-Trop.*, 33: 11-30. https://geoecotrop.be/uploads/publications/pub_331_02.pdf
- [11] Ribes A., Thao S., Vautard R., Dubuisson B., Somot S. et Colin J., 2019, Observed increase in extreme daily rainfall in the French Mediterranean, *Climate Dynamics*, 52(1-2): 1095-1114. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4179-2>
- [12] Soubeyrou J-M., Neppel L., Veysseire J-M., Trambly Y., Carreau J. et Gouget V., 2015, Evolution des précipitations extrêmes en France en contexte de changement climatique, *La Houille Blanche*, 1: 27-33. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1051/lhb/2015004>
- [13] Trambly Y., Ribes A., Somot S., Neppel L., Picher P. L., Vinet F. et Sauquet E., 2021, Impacts du changement climatique sur les pluies intenses et les crues en Méditerranée, *Hydroscience Journal*, 107(1): 1-5. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00186368.2021.1912971>