

Analyse De La Situation Pluviométrique Dans Le Département De Linguère De 1951 A 2020

Ibra SARR¹, Mouhamed DANGOURA², Matar SYLLA³

¹ Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE), UCAD, DAKAR, SÉNÉGAL

^{2,3} Laboratoire Unité Mixte International (UMI), UCAD, DAKAR, SÉNÉGAL

¹saribra1828@gmail.com

²mouhadangoura@gmail.com

³syllamatar2008@gmail.com



Résumé – En Afrique au sud du Sahara, la pluviométrie demeure indispensable à la vie des populations. Les ressources naturelles et les activités économiques de ces pays en dépendent fortement. Elle est ainsi identifiée comme le paramètre climatique le plus déterminant dans l'analyse de la variabilité climatique dans cette partie du monde. En effet, l'évolution pluviométrique dans ce milieu se singularise par une forte fluctuation à la fois temporelle et spatiale. La tendance générale qui se dégage est la diminution des totaux saisonniers depuis les années 1970.

C'est dans ce contexte d'instabilité pluviométrique que cette étude est réalisée dans le département de Linguère. Elle se base sur une station et deux postes pluviométriques. A partir de ces stations et postes pluviométriques on a analysé l'évolution interannuelle de la pluviométrie à partir des écarts normalisés et de l'Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS). L'application de ces méthodes sur la pluviométrie montre une tendance baissière des pluies depuis les années 1970 avec une timide reprise au début des années 2000.

Mots clés – pluviométrie, variabilité climatique, évolution interannuelle, écarts normalisés,

Abstract – In sub-Saharan Africa, rainfall remains essential to people's lives. The natural resources and economic activities of these countries depend heavily on it. It is thus identified as the most decisive climatic parameter in the analysis of climate variability in this part of the world. Indeed, the rainfall evolution in this environment is distinguished by a strong fluctuation both temporal and spatial. The general trend is the decline in seasonal totals since the 1970s.

It is in this context of rainfall instability that this study is carried out in the department of Linguère. It is based on a station and two rainfall stations. From these rainfall stations and stations, the interannual evolution of rainfall was analyzed on the basis of normalized deviations and the Standardized Rainfall Index (SPI). The application of these methods on rainfall shows a downward trend in rainfall since the 1970s with a timid recovery in the early 2000s.

Keywords – rainfall, climate variability, interannual evolution, normalized deviations, Standardized Rainfall Index (SPI).

I. INTRODUCTION

Depuis le début des années 1970, l'Afrique de l'ouest est soumise à l'une des plus remarquables variabilités climatiques à l'échelle du climat mondial du XXe siècle [1]. Cette péjoration climatique est sans doute la mieux documentée du fait de sa durée, de son intensité et de ses conséquences désastreuses sur les activités économiques et les ressources naturelles. Ainsi, plusieurs chercheurs ont orienté leurs études sur ce phénomène en cherchant à caractériser la variabilité pluviométrique en Afrique subsaharienne [2] ; [3] ; [4] ; [5] ; [6] ; [7] ; [8]. Toutes ces études ont mis en évidence la baisse des cumuls pluviométriques annuels et mensuels depuis le début des années 1970.

Le Sénégal à l'instar de toute l'Afrique de l'Ouest subit depuis la fin des années 1960 d'importantes variations spatio-temporelles des régimes climatiques. D'importantes recherches ont été faites sur la variabilité climatique à l'échelle du Sénégal

[9] ; [10] ; [11]. Elles ont mis en évidence l'instabilité pluviométrique du pays, caractérisée par des déficits considérables des totaux annuels du pays. Cette variabilité pluviométrique, en effet a eu des impacts remarquables sur l'économie mais également sur les ressources naturelles. En effet, l'agriculture la principale activité du pays est la plus affectée de cette péjoration climatique. Cette situation s'explique par le fait que l'agriculture est essentiellement de type pluvial. Ce qui fait que, les performances des systèmes de productions agricole sont étroitement soumises au climat.

La zone sylvopastorale et notamment le Département de Linguère, dans le Nord du Sénégal n'est pas épargné par ces épisodes de sécheresse. D'importantes modifications sont notées dans le régime pluviométrique de la localité. De nombreuses études dans la zone [12] ; [13] ont démontré de fluctuations inter et intra-annuelle de la pluviométrie caractérisée par la prédominance des années déficitaires.

Contrairement à d'autres zones du Sénégal où beaucoup de travaux ont été effectué dans le domaine climatique, très peu d'études existent sur la thématique dans ce Département. Pour corriger cette carence et permettre à la population de mieux comprendre les enjeux et impacts de la variabilité climatique afin de mettre en place des stratégies d'adaptation en vue de la réduction de la vulnérabilité, il est nécessaire d'étudier l'évolution spatiotemporelle de la pluviométrie dans cette zone. C'est dans ce contexte que se situe la présente étude qui se propose d'analyser la situation pluviométrique du département de Linguère de 1951 à 2020.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Présentation du milieu d'étude

Le Département de Linguère se localise au Nord du Sénégal et se trouve dans la Région de Louga. Il est situé entre les latitudes 15°24' à 16°00' Nord et les longitudes 15°07 à 14°30' Ouest (figure 1). Il couvre une superficie de 15375 km², et sa population est estimée à 232441 habitants en 2014 [14].

Il est limité :

- au Nord par la Région de Saint-Louis ;
- au Sud par les Régions de Diourbel et de Kaffrine ;
- à l'Ouest par les Départements de Kébémér et de Louga ;
- à l'Est par la Région de Matam

D'après la classification sur les différentes régions climatiques du Sénégal, le Département de Linguère s'intègre dans le domaine climatique sud-sahélien continental [10]. Il est soumis à l'influence des circulations d'alizé et de mousson issues des agglutinations anticycloniques boréales (Açores) et australes (Sainte-Hélène). Ce qui montre l'existence d'un régime pluviométrique uni-modal caractérisé par deux saisons : une courte saison des pluies s'étendant de 3 à 4 mois et une longue saison sèche de 8 à 9 mois.

Le milieu est marqué par une pluviométrie faible. Les pluies se caractérisent par une forte irrégularité dans l'espace et dans le temps. Les températures sont généralement élevées.

L'économie repose principalement sur l'élevage et l'agriculture. Ils participent activement dans la vie de la population. Ils jouent un double rôle : activités destinées à appuyer et à soutenir le financement de l'économie des acteurs mais aussi des produits de consommation et de subsistance c'est-à-dire des secteurs orientés vers l'autoconsommation des agropasteurs. En effet, ces deux principales activités économiques de la zone sont très dépendantes de la pluviométrie et de ses variations. De ce fait, la compréhension de la situation des précipitations constitue un enjeu capital ; d'où l'intérêt de cette étude.

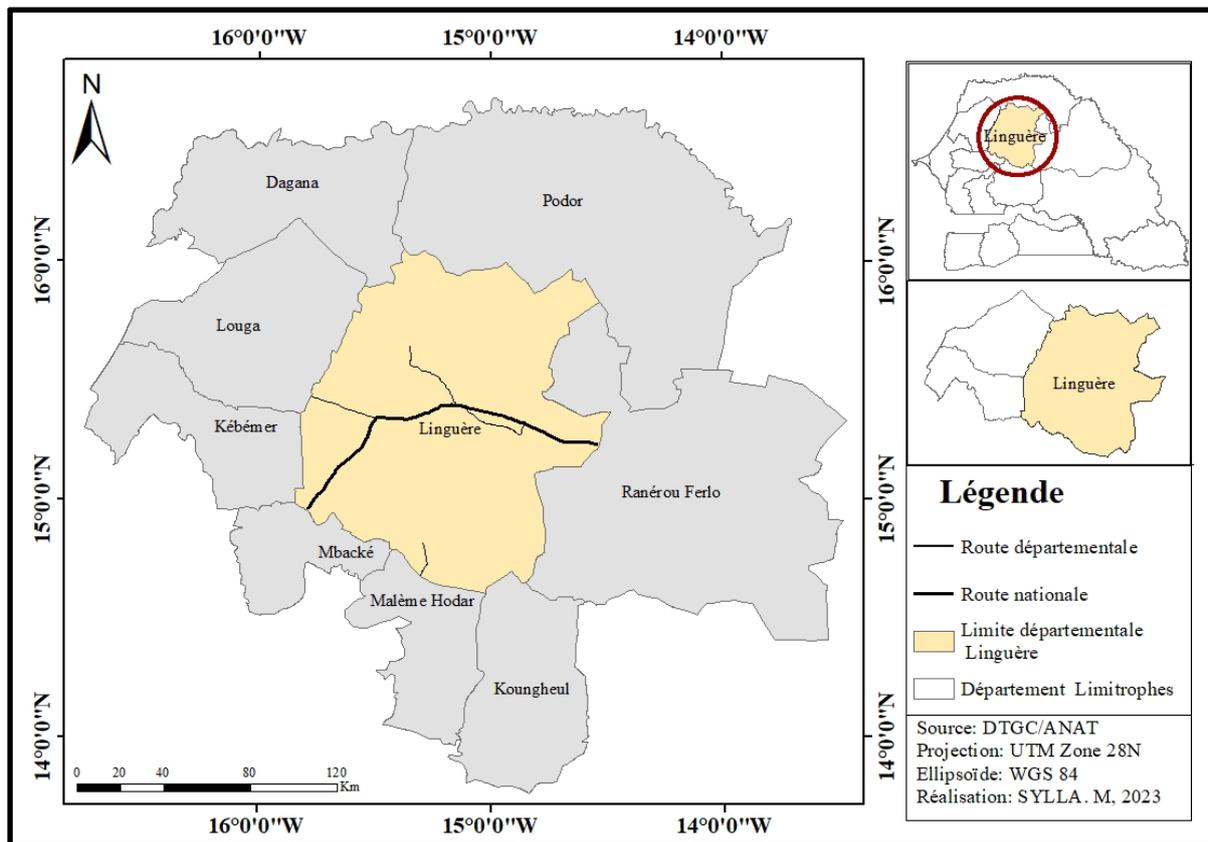


Figure 1 : Localisation du Département de Linguère

2.2 Matériels

Les données pluviométriques ont été recueillies au niveau de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). L'étude porte sur la station de Linguère (15°23'N-15°07'W). Elle a une série de données climatiques longues ce qui permet de mieux saisir les caractéristiques climatiques du milieu. La période retenue s'étend sur 70 ans (1951-2020).

Deux postes pluviométriques ont été aussi mobilisées dans le cadre de cette étude. Il s'agit des postes de Sagatta Djolof et de Yang-Yang. Pour le poste de Yang-Yang la série s'étend de 1951-2020, alors qu'elle ne débute qu'en 1973 jusqu'en 2020 pour le poste de Sagatta Djolof. On peut dire que même étant la plus courte, cette période reste valable selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de Météorologie qui exigent des séries de plus de 30 ans pour une analyse climatique acceptable.

2.3 Méthodes d'analyse de la pluviométrie

La situation pluviométrique sur la période 1951-2020 a été appréhendée à partir des écarts normalisés et de l'Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS).

➤ L'écart normalisé

Il est utilisé pour caractériser et situer l'évolution des hauteurs pluviométriques à travers l'évolution interannuelle de la pluviométrie.

L'écart normalisé se calcule selon la formule : $EN = [(P_i - P') / P'] * 100$.

Avec $EN =$ Ecart normalisé (%); $P_i =$ cumul pluviométrique de l'année considérée ;

$P' =$ moyenne de la série chronologique étudiée.

Il permet de repérer facilement les années excédentaires et celles déficitaires ainsi que leur succession. Le résultat obtenu est scindé en deux classes : une classe excédentaire et une autre déficitaire. L'année est dite humide quand la variable est supérieure à zéro, elle est sèche si elle est inférieure de zéro.

➤ **Indice standardisé de pluviométrie**

L'analyse de la situation pluviométrique est, aussi faite à partir de la méthode statistique : l'Indice Standardisé de Pluviométrie (IPS). C'est un indice d'une importance capitale puisque permettant de connaître le degré du déficit ou d'excédent pluviométrique [14]. Il se calcul selon de la manière suivante : $IPS = (P_i - M_i) / E'$. Où P_i = cumulé de la pluie de l'année étudiée ; M_i = moyenne de la série étudiée ; E' = écart type de la série sur la même période d'observation

A partir de la valeur de l'IPS trouvée on peut détecter la situation climatique du milieu durant cette période. Ainsi, à partir de l'analyse de l'IPS on peut apercevoir l'importance du déficit ou de l'excès pluviométrique. Elle procède à la classification de la série qui va de l'humidité modérée à l'humidité extrême en passant par l'humidité forte et de la sécheresse extrême à la sécheresse forte à modérée (tableau 1).

Tableau 1 : Classification de la sécheresse en rapport avec la valeur de l'indice standardisé de pluviométrie

Valeurs de SPI	Classification de la sécheresse
$SPI > 2$	Humidité extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée
$-1 < SPI < 0$	Sécheresse modérée
$-2 < SPI < -1$	Sécheresse forte
$SPI < -2$	Sécheresse extrême

Source : Bergaoui et Alouini (2001)

III. RÉSULTATS

3.1 Evolution interannuelle de la pluviométrie à partir des écarts à la moyenne de la série

Les écarts permettent de matérialiser le comportement pluviométrique annuel comparativement à la moyenne de la série de 1951 à 2020 pour chaque station. Cela permet de caractériser les années excédentaires et celles déficitaires.

La représentation graphique des écarts normalisés de 1951 à 2020, de la station et des postes pluviométriques, est illustrée dans la figure 2. En effet, l'observation de cette figure montre que l'évolution des écarts par rapport à la moyenne est marquée par une forte variabilité interannuelle, mais aussi d'un site à un autre.

A la station de Linguère, la situation des écarts pluviométriques par rapport à la moyenne est marquée par une dominance d'années déficitaires. En effet, la localité totalise 40 années à pluviométrie négative par rapport à la moyenne soit 57%. Au sein de cet ensemble, ce sont : 1983, 1973 et 1972 qui les plus sèches. Elles ont respectivement 59 ; 41 et 39% de déficit. L'année qui a reçu la plus faible quantité pluviométrique est 1983. Dans cette station, des intervalles : de 4 à 5 voire 8 saisons déficitaires se succèdent incessamment. Il s'agit des séquences 1970-1974, 1976-1981, 1883-1986, 1990-1995 et 2000-2007. On dénombre 30 saisons où la pluviométrie est supérieure à la moyenne soit 43%. Celles plus pluvieuses sont : 1951, 1953, 1969, 2009 et 2010. Les phases de pluviométrie importantes sont visibles surtout au début de la série : 1951-1955, 1957-1961. Par conséquent, avec 80% de surplus 2010 est la plus pluvieuse.

Les postes pluviométriques de Sagatta Djolof et de Yang-Yang ne constituent pas une exception dans l'évolution pluviométrique. Ainsi, à Sagatta Djolof, de 1973 à 2020 sur 48 observations, 26 sont déficitaires soit 54 % contre 22 excédentaires soit 46 %. En effet, l'année 2000 présente une exception avec un excédent de 218%, alors celle de 1981 est la moins pluvieuse avec un manque de plus de 71%. En effet une forte irrégularité de la pluviométrie est constatée. Remarque-t-on une succession d'années déficitaires suivie d'années excédentaires. C'est ainsi que la période allant de 1989 à 1997 est déficitaire soit 9 années successives, suivie d'une séquence humide de 1998 à 2001, succéder à une autre période déficitaire de 2002 à 2004.

Le poste de Yang-Yang présente la même configuration que les autres stations. Son évolution est caractérisée par les années déficitaires qui sont plus fréquentes. Sur 70 d'observations, 39 sont inférieures à la moyenne c'est-à-dire 56% de

l'ensemble de la chronique. Les années caractéristiques du déficit pluviométrique se réunissent pour la plupart dans la période 1972-1991. Certaines d'entre elles se différencient en présentant un déficit très élevé. Parmi ces dernières nous pouvons citer : 1972, 1983, 1991, 1992 et 1995 lesquelles présentent des déficits énormes avec respectivement : 59 ; 57 ; 56 ; 58 et 69%. Les années 2014 et 2018 présentent aussi des déficits importants avec respectivement 64 et 57 %. La séquence excédentaire s'aperçoit en début de série jusqu'en 1969 entrecoupée par des années déficitaires comme 1956, 1962, 1965 et 1968. C'est au cours de ce moment que les cumuls les plus importants sont signalés : 1953, 1954, 1955, 1957, 1969. L'excédent le plus significatif intervient en 1969 avec un surplus de 405,1 mm soit 105%. Les saisons pluvieuses de 1953 et de 2010 ont été aussi particulièrement humides avec 99 et 67%.

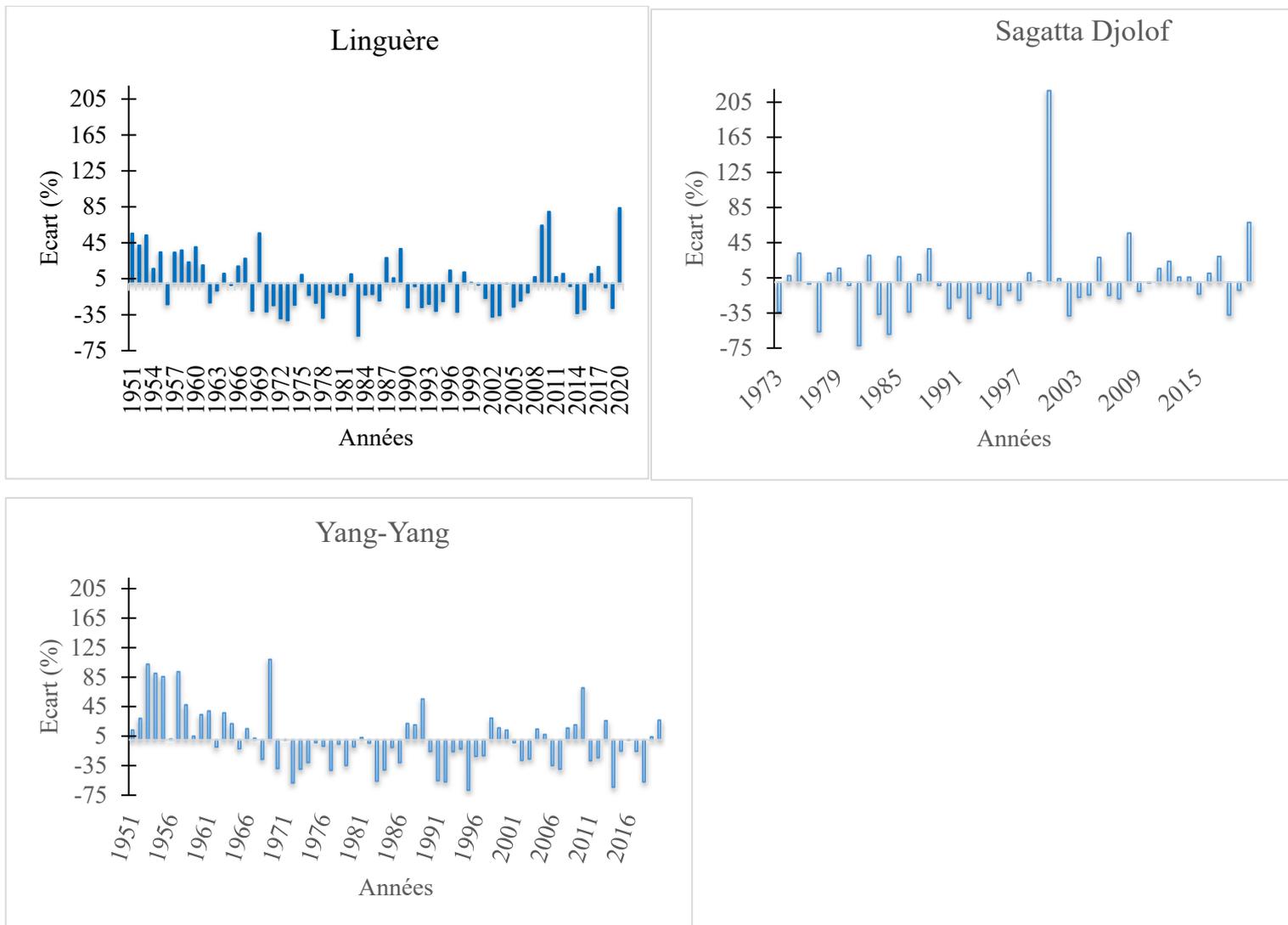


Figure 2 : Ecart normalisés de la pluviométrie : 1951-2013

En sommes l'évolution n'est pas homogène dans l'espace. Ainsi, de 1951 à 2020, on a une évolution différente au sein des stations étudiées.

De 1951 à 1969, toutes les stations ont recueilli des années de pluies excédentaires à très excédentaires en passant aux années de pluies normales. Par conséquent, plus de 60% des années ayant une pluie très excédentaire de la série sont enregistrées au cours de cette période dans la quasi-totalité des stations.

Ce qu'il faut retenir dans cette étude c'est qu'à partir de 1970 jusqu'à presque la fin de la série, les classes des années à pluviométrie déficitaire et très déficitaire prennent le relais.

C'est surtout dans les deux premières décennies (1971-1980 et 1981-1990) que leur concentration est plus importante. Dans tous les emplacements de mesure plus de 50% des années de pluies très déficitaires, se retrouvent dans cette période (1971-1990). Ainsi, le poste de Yang-Yang présente 64% d'années très déficitaires entre 1971-1990. La stations de Linguère comptabilise 50% de cumuls annuels très déficitaires.

Les années 1983 et 1984 représentent des anomalies dans cette période. L'année 1983 est très déficitaire dans toutes les séries chronologiques. Parallèlement, l'année 1984 présente le même visage, car elle est très déficitaire partout sauf à Linguère où elle est déficitaire.

Les années dites normales sont aperçues de part et d'autre dans les deux périodes avec cependant une plus importante représentation dans la dernière phase c'est-à-dire 1990-2020, mis à part le poste de Sagatta Djolof au sein duquel nous avons deux années à pluviométrie normale 1999 et 2010.

L'étude de l'évolution de la variabilité pluviométrique montre qu'elle est en baisse et se caractérise par une irrégularité interannuelle.

Pour mieux caractériser cette irrégularité pluviométrique on a jugé nécessaire de faire une étude à partir de l'Indice de Pluviométrie Standardisé.

3.2 Evolution interannuelle de la pluviométrie à partir de l'Indice de Pluviométrie Standardisé

L'analyse des fréquences de l'IPS signale que les années sèches sont plus nombreuses que celles humides partout. Ainsi, on note à Linguère 54% d'années sèches contre 46% humides, à Sagatta Djolof c'est 57% contre 43% et à Yang-Yang les saisons sèches représentent 55% contre 45% humides (tableau 2).

Tableau 2 : Fréquences de l'IPS dans les stations du milieu d'étude

		Humidité			Sécheresse			Total	
Stations	Nombre d'années	HE	HF	HM	SE	SF	SM	Humide	Sèche
Linguère	70	3	16	27	2	14	38	46	54
Sagatta Djolof	48	2	2	39		8	49	43	57
Yang-Yang	70	8	5	32		14	41	45	55

HE : humidité extrême, **HF** : humidité forte, **HM** : humidité modérée, **SE** : sécheresse extrême,

SF : sécheresse forte, **SM** : sécheresse modérée

La représentation graphique de l'Indice montre l'alternance d'années humide et sèche (figure 3). Les séquences sèches sont plus longues que celles humides au niveau de la station de Linguère. Une évolution identique est remarquée caractérisée par une concentration des années humides au début et à la fin des mesures et des années sèches au milieu de la chronique.

Les courbes de l'IPS des séries permettent de découvrir le caractère très variable de la pluviométrie, mais également de saisir la nature du déficit ou de l'excédent des pluies d'une année à une autre.

On peut retenir donc que les décennies 1951-1960 et 1961-1970 sont plus humides que celles de 1971-1980 et 1981-1990 qui restent très sèches dans la zone sylvo-pastorale. Une alternance d'années humides et sèches pour les années 1990 et 2000 comme à Linguère est remarquée. Enfin, un épisode humide caractérise les décennies 2001-2010 et 2011-2020.

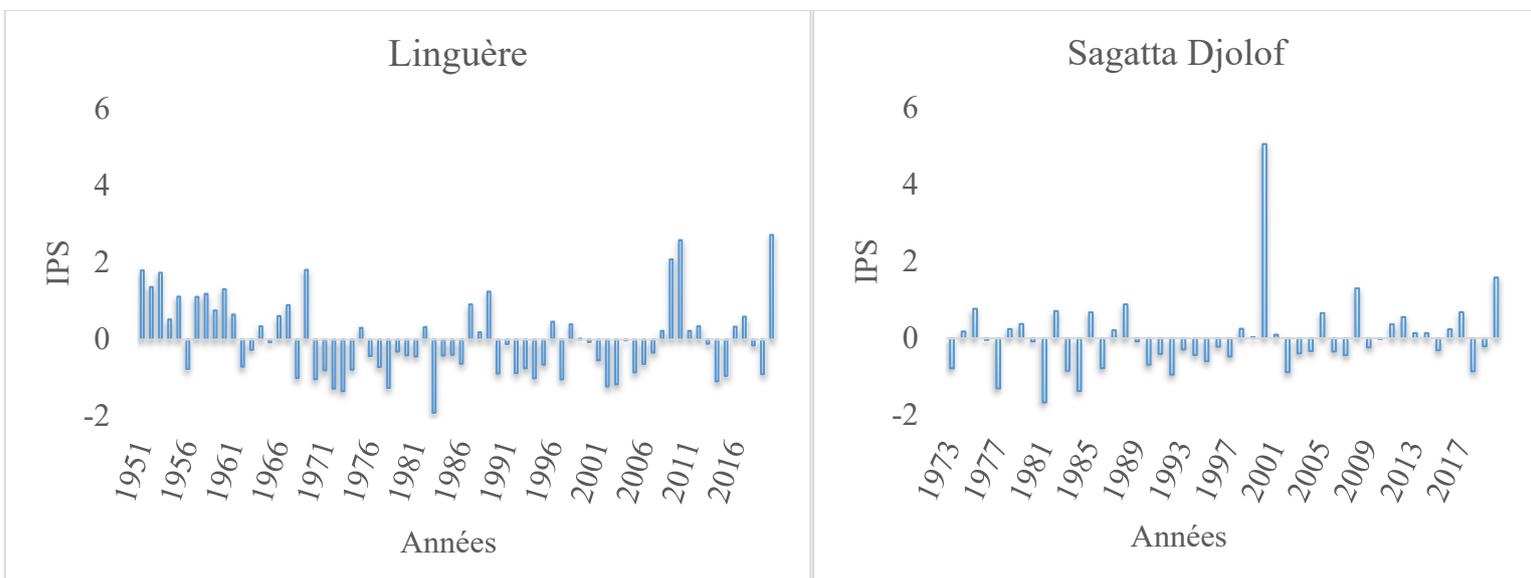
L'examen de l'évolution de l'IPS est caractérisé dans le milieu par de fortes fluctuations. L'analyse montre que la séquence sèche reste partout majoritaire. Selon les différentes classes de l'IPS, celle de la sécheresse modérée est au-dessus des autres, talonnée de près par l'humidité modérée. Partout, le nombre d'années de sécheresse modérée est la plus significative. Elles ont toutes un taux de sécheresse modérée élevé supérieur à 35%. Les postes de Sagatta Djolof et de Yang-Yang enregistrent des fréquences très importantes avec respectivement 49 et 41%. Alors qu'elle est estimée à 38% à la station de Linguère.

La seule station qui a observé une sécheresse extrême est Linguère, elle intervient en 1983 avec un IPS de -2,0. Cette situation atteste que les cas de sécheresse extrême sont rares. Par contre, la classe de l’humidité extrême est visible partout, elle apparait 3 à 4 voire 5 fois. Ainsi, le poste de Yang-Yang observe une humidité extrême en 1953, 1954, 1955, 1957 et 1969 avec l’année 1969 détenant la valeur la plus élevée (2,6). La valeur d’humidité extrême la plus significative est constatée dans le poste pluviométrique de Sagatta Djolof avec 5,1 remarquée en 2000. L’humidité extrême intervient 2 fois dans les stations de Linguère. Ce sont les années 2009 et 2010 avec comme IPS 2,2 et 2,7.

Les années à humidité et à sécheresse modérées constituent les classes qui regroupent les plus importantes fréquences avec une légère importance du groupe de la sécheresse modérée. La classe de l’humidité modérée à l’instar de la sécheresse modérée présente un coefficient relativement élevé supérieur ou égal à 30%, sauf à Linguère où il est estimé à 27%. Dans cette catégorie, c’est le poste de Sagatta qui a recueilli le taux le plus intéressant avec 39 %.

Les années à humidité et à sécheresse fortes ont un pourcentage moyen avec cependant, un faible avantage de la sécheresse forte. Aucune année, dans ces 2 groupes, n’a enregistré un taux supérieur ou égal à 20%.

En définitive, les années d’humidité extrême sont plus importantes que celles de sécheresse extrême. Cependant, le Ferlo est frappé depuis les années 1970 par une péjoration pluviométrique intense. Cette situation est en effet, la conséquence des années de sécheresse modérée et celles de sécheresse forte, mais n’est pas liée à la sécheresse extrême.



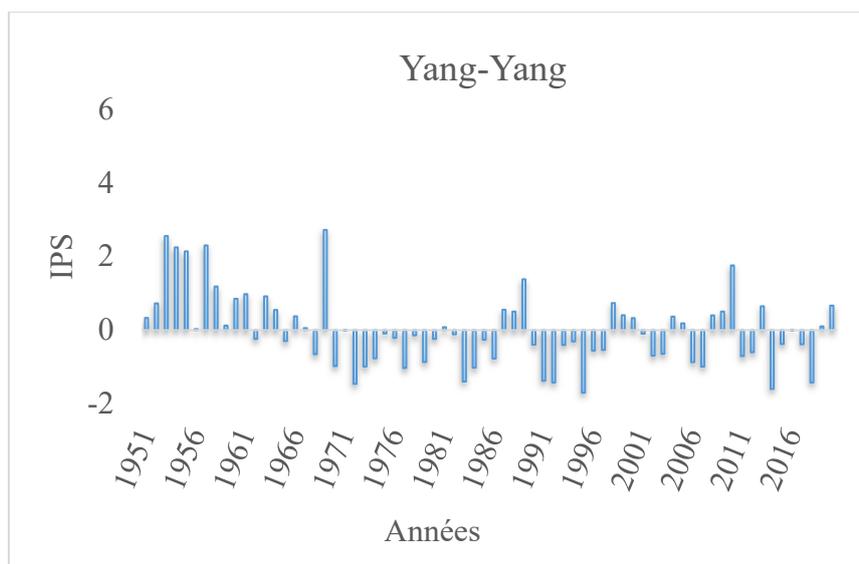


Figure 3 : Evolution interannuelle de l'IPS dans la zone sylvopastorale

IV. DISCUSSION

L'analyse de la situation pluviométrique dans le département de Linguère de 1951 à 2020 à partir des écarts à la moyenne des séries et de de l'Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS) met en exergue l'instabilité pluviométrique du milieu. La pluviométrie qui constitue la variable climatique le plus étudiée pour déterminer l'évolution climatique a connu des fluctuations dans le temps et dans l'espace. Les écarts et les IPS montrent une prédominance des années excédentaires durant les vingt premières années de mesure. Le cumul pluviométrique annuel commence à diminuer à partir des années 1970 jusqu'aux années 2000. Les baisses les plus remarquables sont notées durant les décennies 1971-1980 et 1981-1990 pour tous les sites étudiés. Ces résultats concordent avec ceux menés dans la même zone par ([12], [13], [14]).

En effet, cette forte variabilité résulte des incertitudes climatiques notées dans tous les pays du sud sahélien depuis le début des années 1970. Cette affirmation est concordante avec les nombreuses études faites au Sénégal ([15], [16], [9], [13]). Ils ont conclu qu'une baisse des pluies est observée depuis la fin des années 1960. Ils s'accordent aussi avec les études de

([17], [18], [19], [20]) faites sur la bande sahélienne ouest africaine. Ils ont tous insisté sur la persistance des années déficitaires par rapport à celles excédentaires marquée par une rupture pluviométrique à partir de 1969. Cette discontinuité des régimes pluviométriques est également visible au niveau de l'Afrique centrale d'après les études de ([21]). D'après ces derniers toute l'Afrique centrale a subi une réduction de cumuls pluviométriques annuels au cours des décennies 1971-1980 et 1981-1990.

V. CONCLUSION

En définitive, l'étude du régime pluviométrique dans le Département de Linguère, faite à partir des écarts par rapport à la moyenne et de l'Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS), montre que ce milieu subi à l'instar des autres zones du Sénégal une récession climatique. Cette situation se caractérise par une évolution hétérogène de la pluviométrie dans la région. A partir des écarts on peut retenir que ce sont les années déficitaires qui dominent dans toutes les séries étudiées. A partir de l'Indice de Pluviométrie Standardisé, l'évolution pluviométrique se particularise par des variations annuelles. En effet, l'IPS met en évidence la prédominance des années sèches dans les trois stations étudiées. Dans l'étude de l'IPS, la classe de la sécheresse modérée demeure la plus importante. On peut déduire qu'à partir des écarts par rapport à la moyenne et de l'Indice de Pluviométrie Standardisé (IPS), l'évolution est caractérisée par différentes tendances : la première est notée au début des années 1950 jusqu'en 1969 où les années excédentaires restent majoritaires. Après 1970 intervient une longue période marquée par une diminution drastique de la pluviométrie et cela jusqu'en 2000. A partir de cette période une nette reprise de la pluviométrie est constatée.

REFERENCES

- [1] HULME M., DOHERTY R., NGARA T., NEW M. ET LISTER D., 2001, African climate change : 1900-2100. *Climate Research*, vol. 17, n° 2, p. 145-168.
- [2] LUBES N H, MASSON J. M, PATUREL J E ET SERVAT E., 1998, Variabilité climatique et statistique. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques, *Revue des Sciences de l'Eau*, 11(3), p. 383-408.
- [3] SERVAT É., PATUREL E., LUBES N. H., MASSON J. M., TRAVAGLIO M. ET MARIEU B. (1999) - De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et centrale. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 12, n° 2, p. 363-387.
- [4] PATUREL E, SERVAT E, DELATTRE M O ET LUBES N H, 1998, Analyse de séries pluviométriques de longues durées en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique, *Hydrol. Sci. J*, 43(6), p. 937-946
- [5] NDIAYE A, 2007, Variabilité climatique et indices de développement humain dans le Sahel rural sénégalais. *Revue du CAMES*, nouvelle série B, vol. 9, n° 2, p. 133-142.
- [6] LE BARBE L., LEBEL T., TAPSOBA D. (2002) - Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *Journal of Climate*, vol. 15, n° 2, p. 187-202.
- [7] ALI A et LEBEL TH, 2009, « The Sahelian standardized rainfall index revisited », *International Journal of Climatology*, 29 (12), pp. 1705- 1714.
- [8] LUC D, NIANG D, PANTHOU G, BODIAN A, SANE Y, DACOSTA H, MALAM A M, VANDERVAERE J P et QUANTIN G, 2015, Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégambie et le bassin du Niger Moyen, *Climatologie*, vol. 12, p. 25-43.
- [9] SANE T, 2003, *La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en haute Casamance*, Thèse de Doctorat de troisième cycle UCAD, Département de Géographie, 367 p
- [10] SAGNA P, 2005, *Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale*, Thèse de Doctorat d'Etat ès lettres, géographie, FLSH, UCAD, Tome I et II, 786 p
- [11] BODIAN A, 2014, Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal, *Physio-Géographie Physique et Environnement*, vol. 8, p.297-312
- [12] FALL A, 2014, *Le Ferlo sénégalais : Approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens*, Thèse de doctorat niveau régime, UFR Lettres Sciences de l'Homme et des Sociétés, Université Paris 13 Sorbone 2014, 379 p
- [13] SARR I, 2019, *Variabilité climatique récente dans la zone sylvopastorale de 1951 aux années 2010 : Impacts et stratégies d'adaptation dans le Département de Linguère*, Thèse de Doctorat Unique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 408p.
- [14] ANSD, 2014, *Rapport définitif du Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage en 2013*, 416p.
- [15] SARR I, MBAYE G, FAYE Mb, DIALLO S, NDAO B., 2021, Analyse des impacts de la variabilité pluviométrique de 1951 à 2019 sur la végétation dans le Département de Linguère (Sénégal). *Revue Internationale Dônni*, Vol.1, N°2, p. 168-181.
- [16] DIONE O, 1996, *Evolution climatique récente et dynamique fluviale dans les hauts bassins des fleuves Sénégal et Gambie*, Thèse de Doctorat, Université Lyon 3 Jean Moulin, 427 p.
- [17] DACOSTA H, KONATE Y K et MALOU R, 2002, La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle. In : *Regional hydrology : bringing the gap between research and practice*, H.A.J. van LANEN et S. DEMUTH édit., FRIEND conference (Le Cap, Afrique du Sud), *IAHS Publication*, n° 274, p. 499-506
- [18] PATUREL E, SERVAT E, DELATTRE M O et LUBES N H, 1998, Analyse de séries pluviométriques de longues durées en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique, *Hydrol. Sci. J*, 43(6), pp. 937-946

- [19] LEBEL T et ALI A., 2009, Recent trends in the central and western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, vol. 375, n° 12, p. 5264.
- [20] ARDOIN-BARDIN S, 2004, *Variabilité hydroclimatiques et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne*, Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, France, 437 p.
- [21] BIGOT S, MORON V, SERVAT E et PATUREL E, 1998, « Fluctuations pluviométriques et analyse fréquentielle de la pluviosité en Afrique centrale », *IAHS Publication*, n° 252, p. 71-78