



# Variabilité des pluies au xx<sup>e</sup> siècle à Dakar, Sénégal

Anastasie Mendy

DANS **NOROIS** 2023/3 n° 268-269 , PAGES 109 À 127

ÉDITIONS **PRESSES UNIVERSITAIRES DE RENNES**

ISSN 0029-182X

ISBN 9782753597716

DOI 10.3917/nor.268.0109

Date de mise en ligne : 03/04/2024

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://shs.cairn.info/revue-noroi-2023-3-page-109?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...  
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



**Distribution électronique Cairn.info pour Presses universitaires de Rennes.**

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](https://shs.cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.



**Norois**

Environnement, aménagement, société

**268-269 | 2023**

**Varia**

---

# Variabilité des pluies au xx<sup>e</sup> siècle à Dakar, Sénégal

*20th century rainfall variability in Dakar, Senegal*

**Anastasia Mendy**

---



## Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/norois/13884>

DOI : [10.4000/norois.13884](https://doi.org/10.4000/norois.13884)

ISSN : 1760-8546

## Éditeur

Presses universitaires de Rennes

## Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2023

Pagination : 109-127

ISBN : 978-2-7535-9771-6

ISSN : 0029-182X

Distribution électronique Cairn



**CAIRN.INFO**  
MATIÈRES À RÉFLEXION

## Référence électronique

Anastasia Mendy, « Variabilité des pluies au xx<sup>e</sup> siècle à Dakar, Sénégal », *Norois* [En ligne], 268-269 | 2023, mis en ligne le 02 janvier 2027, consulté le 02 avril 2024. URL : <http://journals.openedition.org/norois/13884> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/norois.13884>

---



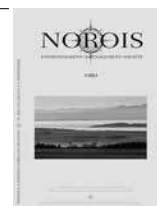
Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.



www.pur-editions.fr



Revue en ligne : <https://journals.openedition.org/norois/>



## Variabilité des pluies au xx<sup>e</sup> siècle à Dakar, Sénégal

*20<sup>th</sup> century rainfall variability in Dakar, Senegal*

Anastasia MENDY

Auteur correspondant : [anastasia.mendy@ucad.edu.sn](mailto:anastasia.mendy@ucad.edu.sn)

Géographe, Laboratoire d'Hydromorphologie, département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar BP 5005, Dakar-Fann – Sénégal. Unité Mixte internationale *Soutenabilité et Résilience* (SOURCE)/UVSQ-IRD

**Résumé :** Cet article analyse la variabilité pluviométrique et la structure des averses à Dakar-Yoff, l'unique station synoptique de Dakar. La série chronologique disponible en longueur suffisante, plus de 100 ans, a permis d'entreprendre l'étude du régime pluviométrique. Située dans la zone intertropicale des climats chauds, la région de Dakar qui abrite la capitale sénégalaise, appartient au domaine tropical sahélien côtier où domine la saison sèche. La variabilité pluviométrique est appréhendée au moyen de plusieurs variables dont l'indice de précipitation standardisé (Standardized Precipitation Index, SPI), l'indice de sécheresse. Des tests statistiques d'homogénéité sont également appliqués à la série annuelle avec Khronostat® pour déceler d'éventuels changements d'évolution interannuelle. La numérisation des diagrammes pluviographiques est suivie de leur traitement. Les résultats montrent que la distribution des pluies est étroitement liée à la migration vers le nord de la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Les résultats tirés des indices pluviométriques indiquent que la répartition temporelle depuis la fin du xix<sup>e</sup> siècle est ponctuée de fluctuations et d'irrégularité interannuelles. La reprise pluviométrique post-sécheresse, observée à partir de 2005 coïncide avec la recrudescence des inondations urbaines de grande ampleur. Les hauteurs de pluies, et notamment leur répartition temporelle, constituent également l'une des contraintes majeures qui affectent la disponibilité de l'eau de qualité dans cette métropole africaine en plein essor démographique.

**Abstract:** This paper analyses rainfall variability and the structure of showers at Dakar-Yoff, the only synoptic station in Dakar. A sufficiently long time series (over 100 years) made it possible to study the rainfall regime. Situated in the inter-tropical zone of hot climates, the Dakar region, which is home to the Senegalese capital, belongs to the coastal Sahelian tropical domain where the dry season dominates. Rainfall variability is assessed using several variables, including the Standardized Precipitation Index (SPI) and the drought index. Statistical tests of homogeneity are also applied to the annual series using Khronostat® to detect any changes in inter-annual trends. The rainfall diagrams were then digitised and processed. The results show that rainfall distribution is closely linked to the northward migration of the intertropical convergence zone (ITCZ). The results derived from the rainfall indices indicate that the temporal distribution since the end of the 19<sup>th</sup> century has been punctuated by inter-annual fluctuations and irregularities. The post-drought rainfall recovery observed since 2005 coincides with an upsurge in large-scale urban flooding. Rainfall amounts, particularly their temporal distribution, constitute one of the major constraints affecting the availability of quality water in this rapidly growing African metropolis.

**Mots clés :** pluviométrie, variabilité, risque, Dakar, Sahel

**Keywords:** rainfall, variability, drought, risk, Dakar, Sahel

## INTRODUCTION

La région de Dakar occupe la pointe la plus occidentale du continent africain. Elle est bâtie sur le site de la presqu'île du Cap Vert dont elle occupe la partie sud. Elle bénéficie d'une situation géographique qui a contribué à son essor économique et démographique. La presqu'île du Cap Vert appartient au domaine tropical sahélien côtier marqué par un fort contraste saisonnier. Elle est située à l'extrémité méridionale des coulées polaires (Limouzin, 1969). Elle est sous l'influence des hautes pressions subtropicales nord et sud situées sur l'océan Atlantique, renforcées à leur base par l'effet thermique (Beltrando, 2011). Ainsi, trois centres d'action commandent, en fonction des facteurs thermiques, tout son processus climatique : l'anticyclone des Açores au nord et celui de Sainte Hélène dans l'hémisphère sud. Entre ces ceintures de hautes pressions tropicales s'étire le couloir des basses pressions intertropicales. En fonction de leur alimentation extratropicale et des facteurs tropicaux, ces centres d'actions déterminent la circulation des flux et la migration saisonnière de l'équateur météorologique vers le tropique du Capricorne en hiver boréal et vers le tropique du Cancer en été boréal.

Il découle de cette configuration l'alternance de masses d'air d'origine et de caractères différents : l'alizé maritime, l'alizé continental et la mousson. Le remplacement de la circulation des alizés par la mousson à partir de mai-juin découpe l'année en deux saisons (Leroux, 1979) bien contrastées : la saison sèche succède à une courte saison des pluies associées à la mousson qui aborde le Sénégal par sa partie sud-est. La mousson ouest-africaine est un système couplé atmosphère-océan-terre (Nouaceur et Murarescu, 2020). Mais l'épaisseur de la mousson est progressivement réduite dans sa migration vers le nord, donc le domaine sahélien, du fait de l'inclinaison de l'équateur météorologique qui devient de plus en plus stérile. Les migrations de l'équateur météorologique au cours de l'année expliquent les profonds contrastes saisonniers qui caractérisent le climat de Dakar (Le Borgne, 1988), marqué par des cumuls pluviométriques moyens annuels inférieurs à 500 mm. La variabilité inter-décennale des pluies, manifestée par la hausse de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes (Descroix *et al.*, 2018; Ionac *et al.*, 2015; Panthou

*et al.*, 2013, 2014; Kouassi *et al.*, 2010), nécessite une étude approfondie de la pluviométrie en vue de réduire la menace liée aux risques hydrologiques.

## DONNÉES ET MÉTHODES

L'étude de la pluviométrie est faite à la station de Dakar-Yoff. Les données utilisées proviennent de l'Agence nationale de l'Aviation civile et de la Météorologie (ANACIM) et des publications de CIEH-ASECNA-ORSTOM (1976; 1990). Jusqu'à la fin du siècle dernier, la région de Dakar disposait de plusieurs postes pluviométriques. Mais Dakar-Yoff reste la seule station opérationnelle. Les séries très hétérogènes des autres postes décrites par la figure 1 (**planche XIV**) sont exclues de cette étude à cause des nombreuses lacunes et l'arrêt des observations avant le retour des pluies à des conditions humides. Par ailleurs, la situation de presqu'île du Cap Vert ainsi que la position des sites de mesure dans cet espace au relief plus marqué au sud rendent la distribution spatiale des pluies journalières assez aléatoires. L'incertitude vient également de la nature aléatoire ou ponctuelle des systèmes convectifs (Cosandey et Robinson, 2012) qui ne garantit pas toujours une répartition homogène des pluies. Ces facteurs ne garantissent pas toujours une corrélation statistiquement satisfaisante entre les séries chronologiques, ce qui peut entacher l'analyse des données. Pour rappel, le poste de Dakar-Hôpital (Principal) a récolté des données de 1898 à 1945 tandis que Dakar-Yoff a démarré en 1947. Celui de Dakar-Gorée, et situé dans une zone insulaire, est observé entre 1916 et 2001 tandis que le poste de Dakar-Ouakam est observé entre 1941-1962 et celui de Dakar-Hann est suivi de 1938 à 2004. Il est raisonnable que la série de Dakar-Yoff soit étendue à partir des données de Dakar-Hôpital. Mais, l'absence de période commune de mesure d'au moins dix ans entre les sites d'observation de Dakar-Yoff et Dakar-Hôpital n'autorise pas la comparaison inter-postes et inter-années qui aurait pu mettre en évidence des années à problème.

La série disponible au pas de temps journalier est entachée de lacunes évaluées à 1,6 %. Ces lacunes sont constatées en 1916, 1918 et 1946. Les séries annuelles et mensuelles sont homogénéisées à l'aide du vecteur régional des indices pluviométriques

développé par Brunet-Moret (1977 ; 1979), Hiez (1987). La série chronologique de Dakar-Yoff, la seule station d'observation encore en fonction, s'étale de 1900 et 2021, soit une durée de 121 ans. Une telle durée d'observation permet d'établir la distribution des pluies et la tendance du régime pluviométrique car davantage d'épisodes de sécheresse et d'humidité sont inclus dans une série chronologique suffisamment longue (Guttman, 1998 ; 1999). La mise en évidence de la variabilité interannuelle des précipitations est bâtie à l'aide d'indices couramment employés en ce domaine parmi lesquels l'indice de précipitation standardisé IPS (ou Standardized Precipitation Index, SPI), ainsi que l'indice de sécheresse. Le SPI utilise les précipitations annuelles comme unique variable d'entrée. Les valeurs annuelles de SPI fournissent des renseignements sur les changements d'évolution des pluies, l'intensité et la durée de chaque phase. L'indice est donné par la relation suivante (1) :

$$SPI = \frac{1}{Ni} \sum_{j=i}^{Ni} \left( \frac{P_j^i - \bar{P}_j}{\sigma_j} \right)$$

où

- $P_j^i$  est la pluie de l'année  $i$  au poste  $j$  ;
- $\bar{P}_j$  la pluie moyenne interannuelle du poste  $j$  ;
- $\sigma_j$  l'écart-type de la série des cumuls saisonniers au poste  $j$  ;
- $Ni$  le nombre de postes de l'année  $i$ .

Quant à l'indice de sécheresse (IS), son calcul est fondé sur le climat de la zone d'étude. Il est testé à l'échelle décennale. Il s'obtient par le rapport de la pluviométrie (P) et l'évapotranspiration potentielle moyenne suivant la formule de Penman-Monteith-FAO (Sagna *et al.*, 2000) indiquée par la relation (2) :

$$IS = \frac{P}{ETP}$$

Avec Is : Indice de sécheresse ; P : Moyenne pluviométrique décennale ; ETP : Évapotranspiration potentielle moyenne annuelle.

Le modèle *BHibrico* GD 4.0 est utilisé pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle Penman-Monteith-FAO. Les paramètres climatiques d'entrée utilisés dans le modèle (pluviométrie, température maximale et température minimale de l'air, l'humidité relative, vitesse du vent et rayonnement solaire) sont à l'échelle mensuelle. Les données géographiques de la station (altitude et latitude) sont également saisies. Les éléments du climat couvrent

la période 1960-2021. Des tests de détection de rupture sont appliqués avec *Khronostat*® à la série chronologique annuelle de Dakar-Yoff au cours de la période 1900-2021 pour mieux décrire la variabilité pluviométrique. Le coefficient de variation, l'écart-type, les quartiles et la moyenne glissante de 5 ans sont également appliqués à la série annuelle en vue de mieux mettre en valeur les grandes tendances pluviométriques (Kaboré *et al.*, 2017 ; Paturol *et al.*, 1996). La détermination des périodes de retour des pluies annuelles est faite sous *Hydraccess*. L'étude de la pluviographie porte sur les averses enregistrées à Dakar-Yoff, équipée d'un pluviographe à augets basculeurs de type précis mécanique doté d'un système d'enregistrement sur papier à rotation journalière. La surface de la bague réceptrice est de 400 cm<sup>2</sup>. La première étape du traitement des données pluviographiques a débuté par le classement des diagrammes disponibles sous format papier en année, mois et jour (Bodian *et al.*, 2016). Puis vient la numérisation des relevés réalisée à l'aide d'un lecteur de courbe intégré à une table à numériser connectée à l'ordinateur. Le logiciel *Pluviom* (Boyer *et al.*, 1991) a servi à la numérisation des relevés pluviographiques de façon à permettre une gestion des informations signalétiques et des hauteurs de pluie qui y sont mesurées (Raous *et al.*, 1990). La procédure de dépouillement informatisé des diagrammes pluviographiques et de leur traitement est décrite dans des mémoires de géographie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Laaroubi, 2007 ; Diouf, 2011). Les relevés pluviographiques analysés s'étendent de 2000 à 2017.

Les averses qui présentent des anomalies, notamment celles dont l'intensité est exagérément élevée, ne sont pas traitées. Également, nous considérons que deux pluies consécutives sont distinctes lorsqu'elles sont séparées par un intervalle de temps supérieur ou égal à 60 minutes au cours duquel aucune averse d'une intensité supérieure à 5 mm/h n'a été enregistrée. Cet intervalle de temps correspond à la durée de vidange des canaux de drainage ou que l'écoulement cesse après l'arrêt de la pluie. L'analyse des averses est centrée sur la distribution des intensités maximales, la durée du corps de l'averse qui peut donner lieu au ruissellement. À partir du fichier des hyétogrammes centrés, les formes assez représentatives des averses enregistrées ont été sélectionnées.

## RÉSULTATS

### Forte variabilité pluviométrique interannuelle

La série pluviométrique de Dakar-Yoff étudiée sur la période 1900-2021 donne une moyenne de 479,6 mm par an. Le maximum pluviométrique est enregistré en 1906 avec 957,5 mm, tandis que 1972 qui n'a reçu que 116,7 mm reste l'année la plus sèche. La figure 2 (**planche XIV**) met en évidence une fluctuation interannuelle des précipitations.

Au Sénégal, la décroissance de la pluviosité se manifeste du sud vers le nord. La variabilité pluviométrique est plus soutenue dans la zone sahélienne du Sénégal du fait de la position géographique de la zone par rapport à la translation de la mousson ouest-africaine vers les régions les plus septentrionales de l'Afrique sahélienne (Nouaceur, 2020). Saint-Louis située plus au Nord reçoit en général une pluviométrie inférieure qu'à Dakar bien que ces deux stations appartiennent au domaine sahélien côtier. En effet, la mousson atteint les latitudes Nord en perdant une bonne partie de son potentiel pluvieux d'où l'occurrence d'orages et de précipitations isolées dans cette partie du littoral nord du Sénégal (Leroux, 2000). La figure 3 (**planche XV**) montre que, depuis le début du xx<sup>e</sup> siècle, la région ouest africaine a connu une succession de périodes sèches et phases humides, sans que l'on puisse toutefois parler de cycles (Servat *et al.*, 1999).

Les résultats obtenus du test statistique de Pettitt et de la segmentation de Carboneil et Hubert (1992) appliqués à la série chronologique annuelle sont présentés dans le tableau 1.

Le tableau 1 décrit une double segmentation significative au seuil de 5 % (Faye et Mendy, 2018) qui subdivise la série en trois périodes distinctes :

- la période qui s'étend de 1900 à 1969 s'inscrit dans une phase humide. Les années déficitaires (1913, 1921, 1941, 1959) apparaissent de manière isolée (Mendy *et al.*, 2016);

- elle est suivie à partir de 1970 par une baisse très importante du cumul annuel total de pluies par rapport à la période humide précédente (Mendy, 2023). La baisse prononcée des cumuls pluviométriques annuels observés au début des années 1970 s'est poursuivie en s'amplifiant autour des années 1972 à 1984 (Amoussou, 2010). Cette rupture est

assez tardive dans plusieurs stations littorales sahéliennes du Sénégal. La baisse très marquée de la pluviosité s'est intensifiée entre 1972 et 1984, exception faite de l'année 1975 qui reçoit un excédent d'eau pluviale. L'année 1972 accuse un déficit pluviométrique sans précédent. La phase d'extrêmes déficits s'est poursuivie jusqu'en 2004 à l'exception de quelques années qui affichent un léger excédent (1985, 1989, 2000). La pluviométrie moyenne annuelle, qui était de 545,5 mm entre 1900 et 1969, a considérablement diminué pour se situer à 375,6 mm entre 1970 et 2004, soit une baisse de 38,3 %. Cette phase de sécheresses pluriannuelles est le plus grand signal du changement climatique jamais enregistré en Afrique de l'Ouest (Descroix, 2018) et probablement le plus fort signal à l'échelle planétaire depuis le début des enregistrements normalisés en 1850;

- enfin, une reprise des pluies, plus tardive au Sahel, est établie en 2005 à Dakar (Podor en 2001; Linguère en 2007) quoique modérée comparée à la décennie hyper-humide 1951-1960. Cette phase post-sécheresse est décelée dès 1999 dans la plupart des stations de la Ségambie (Ziguinchor, Banjul, Kerewan, Nioro du Rip, etc.) où on note une fréquence plus élevée d'années humides. Toutefois, cette sous période se caractérise par une alternance brusque entre année humide et année sèche (Lebel *et al.*, 2009). Les années 2007 et 2014 s'écartent des caractéristiques générales de cette sous période et se révèlent sèches où les indices IPS ont atteint respectivement -1,2 et -1,7 (Nouaceur et Murarescu, 2020).

Test statistique	Année(s) de rupture
Test statistique de Pettitt	1969
Segmentation de Carboneil et Hubert	1969-2004
Pluviométrie moyenne annuelle avant rupture de 1969 (mm)	545,5
Pluviométrie moyenne annuelle après rupture de 1969 (mm)	375,6
Baisse de la pluviométrie moyenne annuelle (%)	31,1

Tableau 1 : Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Dakar-Yoff issues des tests statistiques  
*Characteristics of annual rainfall at Dakar-Yoff derived from statistical tests*

Source des données / Data source : ANACIM

Les normales pluviométriques définies à partir des données annuelles et leurs paramètres statistiques sont reportées dans le tableau 2.

La normale 1961-1990 a une pluviosité très faible par rapport à 1951-1980, normale de référence pour la zone soudano-sahélienne. La figure 4 illustre l'évolution pluri-décennale des cumuls pluviométriques. Il ressort de ce traitement que la décennie 1951-1960 est la plus humide, la décennie 1971-1980 est la plus affectée par la sécheresse, tandis que la décennie 2001-2010 se manifeste par une augmentation modérée des pluies. Toutefois, les observations montrent une nette progression des cumuls annuels entre 2011 et 2021.

Le tableau 3 présente les paramètres issus de l'ajustement statistique de la série pluviométrique annuelle à la loi de Goodrich. En année médiane, Dakar-Yoff reçoit 463,1 mm. L'irrégularité définie par le rapport de la valeur de l'année humide de récurrence décennale à la pluie de l'année sèche de même récurrence, soit 3,35, est une autre caractéristique de la distribution temporelle des précipitations de la zone sahélienne. Par ailleurs, depuis 1970, Dakar n'a plus reçu un cumul annuel total égal à la valeur de la récurrence décennale humide bien que 2022 soit une année de pluviosité excédentaire avec 673 mm.

Périodes	Moyenne (mm)	Écart type	Coefficient de variation	Écart à la moyenne annuelle de la série (en %)	Écart à la normale 1951-80 (en %)
1901-1930	542,5	182,3	0,336	13,1	10,2
1931-1960	570,5	163,1	0,26	19	15,9
1951-1980	492,4	210,7	0,428	2,7	0
1961-1990	409,8	178,8	0,436	-14,6	-16,8
1991-2016	402,7	150,3	0,373	-16	-18,2

Tableau 2 : Paramètres statistiques des normales pluviométriques standards  
*Statistical parameters of standard rainfall normals*

Source des données / *Data source* : ANACIM

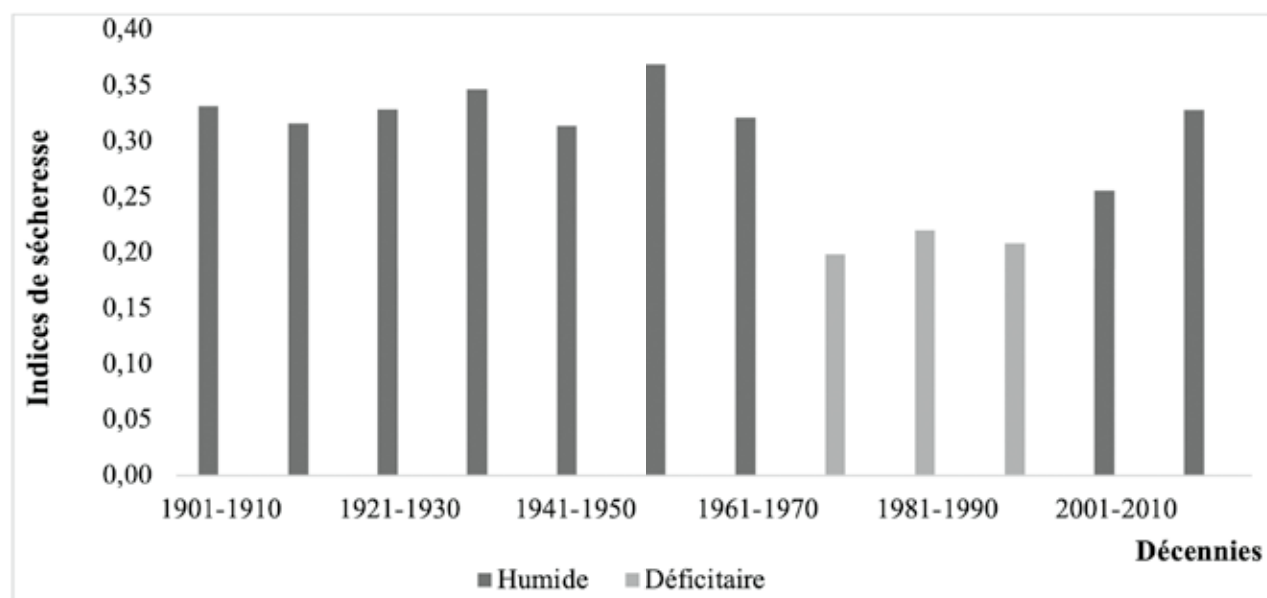


Figure 4 : Évolution pluri-décennale de la pluviométrie à Dakar-Yoff, 1901-2020  
*Multi-decadal rainfall trends in Dakar-Yoff, 1901-2020*

Source des données / *Data source* : ANACIM

Fréquence	Récurrences sèches					Médiane	Récurrences humides				
	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2		0,5	0,8	0,9	0,95	0,98
Récurrence	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
1900-2016	64,6	97,8	156,5	216,3	296,3	463,1	636,7	725,9	799,8	880,4	933,8

Tableau 3 : Récurrences des pluies annuelles pour Dakar-Yoff, 1900-2021  
*Annual rainfall recurrence for Dakar-Yoff, 1900-2021*

Source des données / Data source : ANACIM

## Saison des pluies plus courte

Le régime des précipitations est unimodal. La longue saison sèche est interrompue par une seule période pluvieuse. Les pluies se répartissent sur environ quatre mois, de juin à octobre. Le maximum absolu est reporté sur août qui reçoit plus de 40 % du total pluviométrique annuel (figure 5 – **planche XV**).

Les précipitations sont plus importantes en aout septembre car la dépression saharienne est plus creusée et la poussée de mousson plus vigoureuse (Limouzin 1969). Cependant, les mois plus humides s'inscrivent dans la période du maximum de température qui reste favorable à l'évaporation. L'un des faits majeurs de ce régime tropical semi-aride est la concentration de la quasi-totalité des précipitations, plus de 87 %, entre juillet et septembre pour la période 1900-2021 et jusqu'à 90,8 % du cumul moyen annuel après la rupture de 1969. Le régime pluviométrique unimodal est décalé, se manifestant par une diminution des totaux de juin, juillet mais également d'octobre. Cette diminution des précipitations affecte également le cumul du mois d'août, excepté celui de septembre qui a plutôt augmenté, voire dépassé celui de la période avant sécheresse. L'échelle décadaire rend bien compte de cette fluctuation. La figure 6 (**planche XVI**) montre qu'en général les pluies de mai et début juin, comme celles de la dernière décade d'octobre, sont très faibles, de l'ordre de quelques millimètres.

La saison pluvieuse s'installe véritablement à partir de la 3<sup>e</sup> décade de juin, puis les pluies augmentent de manière significative jusqu'à la 3<sup>e</sup> décade d'août. Dès la première décade de septembre, la baisse s'amorce. Au total, huit décades (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> décades de juillet, les trois décades d'août et de septembre) concentrent près de 84 % des apports pluviométriques annuels. La dernière décade d'août est la

plus humide, sa part dans le cumul annuel total est supérieure à 18 %. Les aléas pluviométriques affectent la répartition saisonnière des pluies qui se manifestent par des variations assez prononcées (Mendy *et al.*, 2016) de sa durée. L'échelle inter-saisonnière rend mieux compte de ce changement. Les hauteurs de précipitations en juin, juillet et octobre diminuent par rapport à la moyenne de la série 1900-2016 et à la moyenne de la sous période humide 1900-1969.

## Occurrence des épisodes pluvieux extrêmes

Le décompte du nombre total de jours de pluies dans l'année porte sur les observations journalières supérieures ou égales à 0,5 mm. Les valeurs inférieures à 0,5 mm sont exclues des décomptes. La pluviométrie moyenne annuelle reçue se répartit sur un peu moins de 35 jours. Toutefois, le nombre total de jours de pluies dans l'année s'étend entre 12 et 60 jours (enregistrés respectivement en 1977 et 1944). La figure 7 (**planche XVI**) met en évidence l'existence de liaison entre le nombre de jours de pluie dans l'année et le cumul annuel attesté par un coefficient de corrélation de 0,81 entre les deux variables.

La phase climatique après le premier point de rupture présente une tendance baissière du nombre total de jours de pluies dans l'année qui passe en moyenne de 39 jours en 1900-1969 à 28 jours en 1970-2004. Malgré la reprise post-sécheresse, le nombre total de jours de pluie par an s'élève à 33 jours entre 2005 et 2021, soit une réduction de 15,35 par rapport à la phase précédente. Les figures 8 (**planche XVII**) et 9 indiquent que le nombre annuel d'événements extrêmes (cumul journalier > 60 mm) a baissé entre 1970 et 2004 pour

augmenter légèrement à partir de 2005 par rapport à la période sèche 1970-2004. Les résultats illustrés par la figure 9 sont en accord avec les observations de Descroix *et al.* (2015).

La moyenne des maximas annuels de la période post-rupture affiche des valeurs sensiblement proches de celle de la période 1950-1970, montre qu'un changement du régime pluviométrique s'est produit (Vischel *et al.*, 2015). Ces résultats sont en cohérence avec ceux issus de modèles climatiques (NorESM1\_RCA4, MIROC5\_RCA4, IPSL\_RCA4, etc.) qui montrent une augmentation des pluies très humides. Mais au Sahel, c'est le nombre d'épisodes pluvieux qui a diminué plus que le volume précipité par événement (Le Barbé et Lebel, 1997). Des séquences sèches, parfois assez longues, interviennent au cours de la saison des pluies, provoquées par des irrptions plus ou moins prolongées d'invasion d'air polaire (boréal) qui se traduit par, d'une part, un renforcement de l'anticyclone des Açores et son extension vers le littoral occidental d'Afrique et, d'autre part, une augmentation progressive de la vitesse de l'alizé qui est en issu (Limouzin, 1969). Les événements pluvieux sont

moins nombreux, mais plus intenses. En effet, la période post-rupture montre une moindre efficacité des épisodes convectifs sans cependant trop affecter les épisodes pluvieux extrêmes (Carbonnel et Hubert, 1992) qui donnent des orages intenses. Cette remontée des pluies (sans pour autant retrouver le niveau d'avant sécheresse) est corrélée à leur intensification. L'étude des pluies d'un à plusieurs jours consécutifs est une échelle conforme à la gestion durable des inondations urbaines. À 10 jours consécutifs, l'averse de récurrence centennale est dépassée. C'est l'exemple des activités pluvio-orageuses survenues du 22 au 24 juillet 2022 qui ont donné un cumul de 270 mm en 3 jours. Les épisodes pluvieux de plusieurs jours successifs surviennent généralement en août et septembre.

### Analyse de la pluviographie à Dakar-Yoff

L'influence d'épisode pluvieux sur la réponse hydrologique du bassin dépend de nombreux facteurs dont la forme du bassin, les pentes, le type

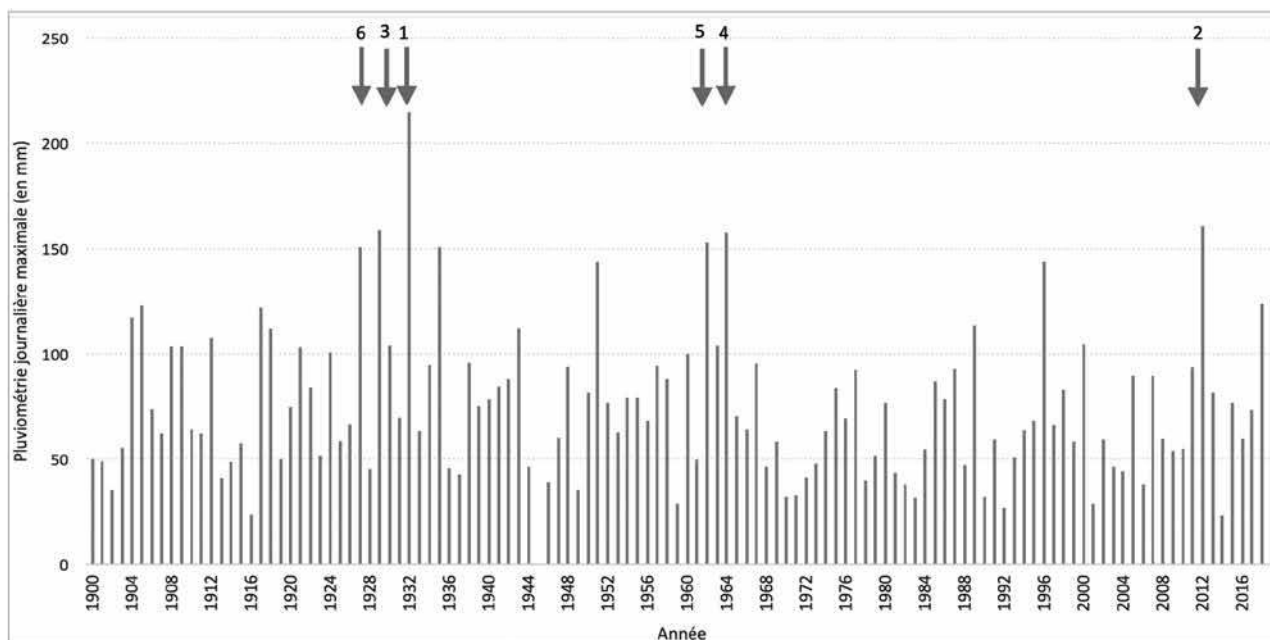


Figure 9 : Maximum annuel de pluie (en mm) tombée en 24 heures à Dakar-Yoff entre 1900 et 2021  
Maximum annual rainfall (in mm) in 24 hours at Dakar-Yoff between 1900 and 2021

Les 6 valeurs supérieures à 150 mm de pluie recueillies en 24 h sont indiquées avec leur numéro d'ordre  
The 6 values above 150 mm of rainfall collected in 24 h are indicated with their serial number

Source des données / Data source : ANACIM; CIEH – ASECNA-ORSTOM 1976; 1990

d'occupation du sol, l'état antérieur du sol, le volume d'eau précipité, mais également l'intensité et la durée de la pluie. C'est pourquoi, la compréhension fine de l'aléa devient indispensable pour mieux gérer leurs effets et accroître ainsi les capacités d'adaptation des populations aux inondations.

La répartition temporelle des précipitations est appréhendée par le hyétogramme qui reproduit la forme de l'averse. L'analyse des averses-types est centrée sur la distribution des intensités maximales, la durée du corps de l'averse. Les hyétogrammes construits donnent deux formes symptomatiques en fonction des types de précipitations et leur date durant la saison pluvieuse. Les hyétogrammes des averses de forme simple ou homogène, reproduits par la figure 10, regroupent trois sous-types suivant la place de la pointe maximale.

Les averses simples s'observent généralement au début et à la fin de la saison des pluies. La figure 10 donne trois formes observées au début, au milieu et en fin de l'événement.

– L'averse du 8 juillet 2000 possède une seule pointe d'intensité dont le maximum de 90 mm/h est atteint 5 minutes après le début de la pluie, à 9 h 27 minutes. Elle sera suivie d'une traîne de faible intensité qui s'est maintenue jusqu'à 9 h 48 minutes. L'averse a duré 25 minutes.

– L'averse du 21 août 2000 a une forme simple; elle dure 43 minutes. Son intensité maximale égale à 60 mm/h se situe au milieu de l'averse. La pluie se termine à 12 h 30 par une traîne de très faible intensité, autour de 2-3 mm/h.

– L'activité pluvio-orageuse du 3 septembre 2008 intervient au cœur de la saison des pluies et se caractérise par une phase préliminaire de faible intensité située au début de la pluie. L'intensité maximale de 180 mm/h est atteinte à la fin de l'événement pluvieux. La hauteur totale reçue est de 49 mm.

Les événements pluvieux de courte durée prédominent. Ainsi, 82 % des averses durent moins de 45 minutes. Des averses hétérogènes ou à plusieurs pointes d'intensité ayant provoqué de graves inondations à Dakar sont décrites par la figure 11. Elles sont associées aux pluies continues (Brunet-Moret, 1963).

– L'averse du 17 août 2005 présente plusieurs pointes d'intensité assez fortes et variables dans

le temps. Cet événement a duré 8 h 28 minutes sans discontinuer. Cinq phases peuvent être distinguées : la première phase qui a débuté par une intensité de 90 mm/h a duré 30 minutes, la seconde phase a enregistré 4 pointes d'intensité durant 2 h 10 mn, la troisième phase, marquée par une diminution considérable d'intensité s'étend sur 2 h 28 mn. Elle est suivie de l'intensité maximale de 210 mm/h qui s'étend sur 45 minutes. La dernière phase correspond à la traîne et dure 2 h 35 mn.

– Dans la matinée du 26 août 2012, une pluie de 160,8 mm, soit plus de l'équivalent du mois de septembre, est tombée en 2 h 30 mn. La pluie commence par une courte phase préliminaire suivie d'une augmentation rapide de son intensité. La pointe maximale de 280 mm/h, atteinte après 27 minutes, se maintient pendant 9 mn. Puis la pluie baisse légèrement pour atteindre deux pics de plus de 200 mm/h à 10 h 00 mn et 10 h 22 mn avant de se terminer par une traîne qui dure une heure. Cet événement exceptionnel dépasse la période de retour 100 ans au pas de temps de 120 minutes (deux heures). Dans le bassin de Grand Yoff, le débit de pointe est supérieur à 100 m<sup>3</sup>/s. Il est atteint entre 2 et 3 heures après l'intensité maximale.

– Le 30 août 2013, la station de Dakar-Yoff a enregistré une averse qui a débuté à 8 h 14 mn. Elle présente une série de pointes. L'intensité maximale principale, de 150 mm/h, est atteinte à 14 h 48 minutes. Elle sera suivie d'une baisse progressive avant de s'arrêter brusquement à 17 h 22 minutes. La pluie a duré 9 h 08 minutes.

– La pluie du 17 août 2016 présente quatre pointes d'intensité dont celle maximale, de 120 mm/h, se place au cœur de l'événement pluvieux. Sa fin s'accompagne d'une longue traîne.

L'activité pluvio-orageuse du 5 septembre 2020 a donné un cumul de 124 mm en 6 heures, soit l'équivalent du mois de septembre sur la période 1970-2021. Sa période de retour a dépassé 50 ans au pas de temps de 6 heures (360 mn). Le 5 août 2022, trois averses tombées entre 11 heures et 20 heures ont donné un cumul journalier de 126 mm. Elles sont à l'origine d'inondations historiques à Dakar. Mais depuis 2018, la panne du pluviographe de Dakar-Yoff empêche une analyse détaillée de la répartition temporelle des averses même si la région

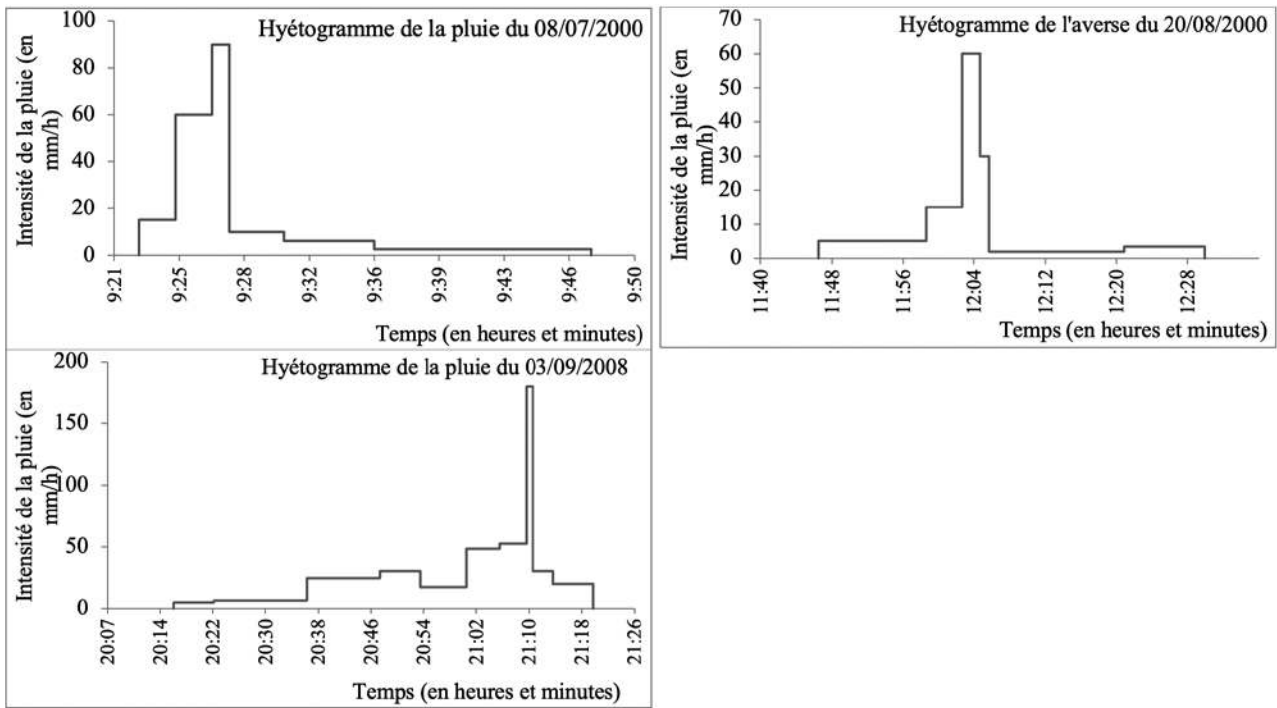


Figure 10 : Hyétogrammes et structures correspondantes pour les averses de forme simple enregistrées à Dakar-Yoff  
*Hyetograms and corresponding structures for simple showers recorded at Dakar-Yoff*

Source des données / Data source : ANACIM

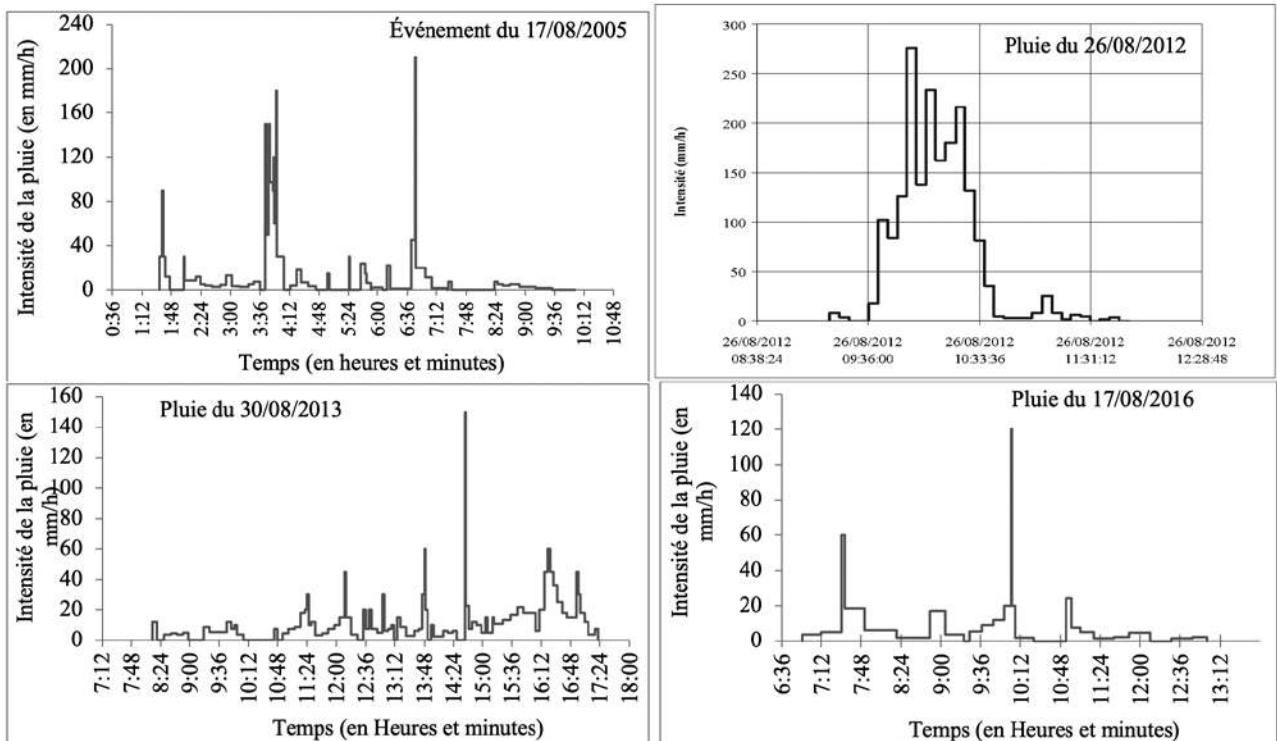


Figure 11 : Hyétogrammes et structures correspondantes pour les averses de forme complexe enregistrées à Dakar-Yoff  
*Hyetograms and corresponding structures for showers of complex shape recorded in Dakar-Yoff*

Source des données / Data source : ANACIM

est actuellement équipée de stations automatiques dont la programmation calée à un pas de temps de 15 mn ne permet pas des enregistrements en continu de la pluie.

## DISCUSSION

La saison des pluies, centrée en période chaude, s'oppose à une longue saison sèche. Le fait caractéristique majeur de ce régime reste la longue période d'absence de pluie (Guigo, 1975). Le contraste accru entre les saisons risque de s'accroître du fait que le réchauffement du Sahara affecte la migration saisonnière de la dépression thermique saharienne, et, par conséquent, la répartition et les hauteurs de précipitations reçues. La phase climatique post-sécheresse annonce les grands changements climatiques actuellement observés dans la région ouest-africaine (Nouaceur et Murarescu, 2020). Les modèles climatiques prédisent une augmentation des précipitations au Sahel jusqu'en 2100 à l'exception du Sahel occidental (Sénégal, Mauritanie, Gambie, Guinée Bissau). Les prévisions du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2013) indiquent que l'Afrique de l'Ouest fera face à une diminution des précipitations annuelles de l'ordre 5 à 10 % à l'horizon 2050. Avec un réchauffement climatique de 2 °C, l'Afrique de l'Ouest devrait connaître un climat plus sec et plus aride, en particulier dans les dernières décennies du XXI<sup>e</sup> siècle (CDKN et ACIDI 2022). Gaye et Sylla (2008) prévoient une baisse notable des précipitations au Sénégal à l'horizon 2035 qui affecte particulièrement le nord et le centre-ouest du pays avec une récession des pluies de l'ordre de 17 à 20 % pour le scénario RCP8.5. (Representative Concentration Pathway ou Trajectoires représentatives de concentration). Une telle réduction des pluies aura incontestablement des conséquences énormes sur les disponibilités en eau, (République du Sénégal, 2010), les écosystèmes, la performance de l'agriculture sous pluie, etc. Il est par ailleurs prévu une augmentation de la fréquence des systèmes convectifs qui sont le principal moteur des orages intenses. Selon le GIEC (2022), en Afrique de l'Ouest, les épisodes de fortes précipitations deviendront plus fréquents et plus intenses ce qui accroîtra l'exposition des socio-écosystèmes urbains aux inondations. Le ruissellement

s'amplifie déjà en raison du retour des fortes pluies qui tombent sur des sols imperméabilisés.

## Impacts de la variabilité pluviométrique sur le bilan hydrique

Les éléments du climat sont moins rigoureux en zone littorale. La circulation de l'alizé maritime et l'ouverture de la région sur l'océan Atlantique assurent la douceur des températures, en moyenne 25 °C. La région reçoit en moyenne 8 heures de soleil par jour. L'évaporation s'établit à 1 310,7 mm/an ; elle correspond à plus du double des précipitations annuelles reçues. La demande évaporatoire est satisfaite uniquement en août et septembre. Le bilan hydrique (figure 12 – **planche XVII**), reflète l'influence saisonnière et interannuelle des éléments du climat, notamment de la pluviométrie.

Au cours des années 1970-2004, les ressources en eau sont limitées par des précipitations assez faibles. Tous les mois accusent un déficit hydrique. La baisse record des totaux pluviométriques sans précédent est à l'origine de l'assèchement de cours d'eau et des bas-fonds, appelés Niayes, que les populations ont converti en zone d'habitation. L'assèchement de certaines Niayes résulte également des pompages de la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES) qui prélève dans la nappe phréatique des sables quaternaires (ou nappe de Thiaroye) pour alimenter en eau potable une population de plus en plus nombreuse. En 2005-2021, le bilan hydrique reste positif en août et septembre. Le déficit hydrique s'établit d'octobre à juillet.

## Incidences de l'évolution des pluies sur les inondations

Le nombre de jours de pluies dans l'année a baissé de 15,5 % en 2005-2021 (comparé à 1900-1969). Mais le paradoxe du Sahel est renforcé depuis la ré-augmentation partielle des précipitations dans la fin des années 1990 par une augmentation plus forte des événements journaliers à fort cumul pluviométrique (Descroix *et al.*, 2015). Les fortes pluies journalières, malgré leur caractère non exceptionnel (figures 7 et 8), se traduisent par une occurrence accrue des inondations urbaines.

En effet, la période de sécheresse a coïncidé avec l'expansion rapide de Dakar sur son espace rural. Au cours des années 1970-1990, les constructions se sont rapidement établies dans les bas-fonds de Pikine et Guédiawaye asséchés par les années d'effondrement de la pluviométrie. Ces zones basses inappropriées à l'urbanisation étaient destinées aux cultures maraîchères. Elles sont occupées sans un assainissement préalable par une population issue pour la plupart de l'exode rural. En effet, le monde rural a subi de plein fouet les effets combinés de la sécheresse, des programmes d'ajustement structurel imposés par les institutions monétaires internationales ainsi que la Nouvelle Politique Agricole (NPA) promulguée en 1984 par le gouvernement du Sénégal qui a prôné le désengagement de l'État dans le secteur de l'agriculture. Il en résulte une faible performance de l'agriculture ayant entraîné la baisse des revenus monétaires des paysans. Ce processus de production de la ville se poursuit toujours sous les effets de la mobilité résidentielle interne qui combine épuisement des terres à usage d'habitation en milieu urbain, spéculation foncière, projets immobiliers initiés par des groupes d'acteurs hétérogènes (promoteurs immobiliers du secteur public comme privé, achat individuel de terrain, coopérative d'habitat). La figure 13 (**planche XVIII**) renvoie à la transformation rapide d'usages des sols au cours de ces dernières décennies.

En outre, certains quartiers de la banlieue sont soumis à une « recharge presque continue » de la nappe par les eaux usées domestiques non traitées. À cela s'ajoute la mauvaise utilisation des ouvrages où les populations déversent des déchets de toutes sortes. Ainsi, l'imperméabilisation et l'absence de caniveaux fonctionnels ne permettent pas une évacuation correcte des eaux usées, amplifiant les inondations pluviales. Dans ce contexte d'incertitude climatique, les carences dans les ouvrages fonctionnels de drainage des eaux usées urbaines ainsi que l'absence d'une planification urbaine robuste rendent plus incertaines les capacités d'action des populations et des pouvoirs publics. Des bassins de rétention d'eaux pluviales aménagés en réponse aux inondations débordent lors de forts événements pluvieux. Le débordement de celui de la Zone de captage a causé, le 5 août 2022, de graves inondations de la Cité Bellevue, du collège français « Cours

Sainte-Marie-de-Hann », du campus de l'Institut de recherche pour le Développement (IRD) et le parc de Hann. Ce réservoir de stockage d'eau est aménagé pour recueillir les eaux du bassin de Grand-Yoff, dont la forme circulaire (coefficient de compacité KG égal à 1,16), et l'artificialisation du sol favorisent la montée rapide des eaux.

## CONCLUSION

Cette étude est construite autour d'une approche qui a mobilisé plusieurs échelles temporelles d'analyse des pluies. Elle a permis de dégager les traits principaux de la pluviométrie recueillie à Dakar-Yoff afin de mieux cibler les politiques de gestion des risques liées à l'eau dans cette région à forte vulnérabilité hydrique. L'évolution climatique récente se caractérise par une modification de nombreux paramètres météorologiques décrits dès 1995 par Sagna. Elle montre une alternance de phases humides et d'épisodes secs de durée et d'intensité variables. Le comportement des IPS montre que la période récente décelée en 2005 à Dakar-Yoff, est caractérisée par une variabilité interannuelle plus fortes que celles des deux périodes précédentes, 1900-1969 globalement humide et 1970-2004 très sèche (Ali *et al.*, 2008). La variabilité pluri-décennale est plus forte que les périodes précédentes (Kaboré *et al.*, 2017). Le retour pluviométrique se manifeste notamment par l'occurrence des pluies intenses (Nouaceur, 2020). C'est surtout en termes de risques hydro-climatiques que l'intensification des pluies se pose désormais à Dakar. Les inondations urbaines qui affectent les habitants de Dakar sont causées par une combinaison de facteurs dont la pluie n'est que l'élément déclencheur.

La non prise en compte des pluies extrêmes dans les politiques publiques risque de compromettre la réalisation des objectifs de développement durables (ODD 6 et 11) et du Plan Sénégal Emergent. La prévention des risques hydrologiques urbains suggère une caractérisation fine de l'aléa. Elle soutend l'existence de réseau de mesure des pluies dense, opérationnel et adapté en urdrologie urbaine. Ces données sont utiles à la construction des courbes caractéristiques Intensité-Durée-Fréquence (IDF) pour des récurrences allant de 2 à 100 ans à l'aide des intensités maximales, extraites

pour différents pas de temps (5, 10, 30, 60, 120, 180, 240, 360, 720 et 1 440 minutes). Les courbes IDF sont utilisées pour les projets de conception et de dimensionnement d'ouvrage et des canalisations. En l'absence de mesure hydrologique, les courbes IDF servent également à l'estimation de débit de pointe d'une conduite en référence à un risque de défaillance (Roussel et Pilloy, 1990).

## Bibliographie

- ALI A., LEBEL T., AMANI A. 2008. Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel, *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, vol. 19, n° 4, p. 227-235
- Alliance pour le climat et le développement (CDKN). Initiative africaine pour le climat et le développement (ACDI), 2022, *Le sixième rapport d'évaluation du GIEC : Impacts, options d'adaptation et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique*. Fiche régionale Afrique de l'Ouest, 20 p.
- AMOUSSOU E., 2010. *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest)*, Thèse de doctorat de Climatologie, Université de Bourgogne, 316 p.
- BELTRANDO G., 2011. *Les climats. Processus, variabilités et risques*. Armand Colin 2<sup>e</sup> édition, Collection U. Paris, Broché, 286 p.
- BRUNET-MORET Y., 1979. Homogénéisation des précipitations. *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, vol. XVI, n° 3-4, p. 144-170.
- BRUNET-MORET Y., 1977. Test d'homogénéité. *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, vol. XIV, n° 2, p. 119-129.
- BRUNET-MORET Y., 1963. *Étude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale - République du Sénégal*. ORSTOM, CRDO, Dakar, 15 p.
- BODIAN A., DACOSTA H., DIOUF R. N., NDIAYE E. H. O., MENDY A., 2016. Contribution à la connaissance de l'aléa pluvial au Sénégal grâce à la valorisation des données pluviographiques historiques, *Climatologie*, n° 13, p. 38-46.
- BOYER J.-F., CRESPIY A., DIEULIN C., GUISCAFRÉ J., RAOUS P., 1991. *PLUVIOM : logiciel de gestion de données pluviométriques : manuel d'utilisation*. Montpellier : ORSTOM, 87 p.
- CARBONNEL J.-P., HUBERT P., 1992. Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. Remise en cause de la stationnarité des séries, in LE FLOC'H E., GROUZIS M., BILLE J. C., CORNET A. (dir.), *L'aridité : une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés*, Paris, Didactiques/IRD Éditions, p. 38-51.
- COSANDEY C., ROBINSON M., 2012. « Chapitre 1 – Les précipitations », *Hydrologie continentale*, in COSANDEY et ROBINSON (dir.), Armand Colin, p. 21-63. DOI : <https://doi.org/10.3917/arco.cosan.2012.01.0021>
- CIEH - ASECNA - ORSTOM, 1990. *République de Sénégal Précipitations journalières de 1966 à 1980*. En ligne : [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/Mem\\_Hydr/08340.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Mem_Hydr/08340.pdf)
- CIEH-ORSTOM, 1976. *République de Sénégal : Précipitations journalières de l'origine des stations à 1965*. En ligne : <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:08340>
- DESCROIX L., GUICHARD F., GRIPPA M., LAMBERT L. A., PANTHOU G., MAHÉ G., GAL L., DARDEL C., QUANTIN G., KERGOAT L., BOUAÏTA Y., HIERNAUX P., VISCHEL T., PELLARIN T., FATY B., WILCOX C., MALAM ABDOU M., MAMADOU I., VANDERVAERE J.-P., DIONGUE-NIANG A., NDIAYE O., SANÉ Y., DACOSTA H., GOSSET M., CASSÉ C., SULTAN B., BARRY A., AMOGU O., NKA NNOMO B., BARRY A., PATUREL J.-E., 2018. Evolution of Surface Hydrology in the Sahelo-Sudanian Strip. *An Updated Review. Water*, vol. 10, n° 6, p. 748; DOI : <https://doi.org/10.3390/w10060748>.
- DESCROIX L., 2018. *Processus et enjeux d'eau en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne*. Archives Contemporaines Éditions, EAC, 320 p.
- DESCROIX L., DIONGUE NIANG A., PANTHOU G., BODIAN A., SANE Y., DACOSTA H., ABDOU M. M. VANDERVAERE J.-P., 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*, n° 12, p. 25-43. DOI : <https://doi.org/10.4267/climatologie.1105>
- DIOUF R.N., 2011. *Étude hydro-pluviométrique des bassins versants urbains de la presqu'île du Cap-Vert*. Thèse de Doctorat 3<sup>e</sup> cycle de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 248 p.
- FAYE C., MENDY A., 2018. Variabilité climatique et impacts hydrologiques en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Gambie (Sénégal). *EWASH & TI Journal*, vol. 2, n° 1, p. 54-66. En ligne : <http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/>.
- GAYE A. T., SYLLA, M. B. 2008. *Scenarios climatiques au Sénégal*. Laboratoire de Physique de de L'Atmosphère et de l'Océan SF (LPAO-SF), École Supérieure Polytechnique Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- GUIGO M., 1975. Essai de bilan hydrologique sur un petit bassin-versant de l'Apennin Padan : le Parma. *Revue Géographique de l'Est*, vol. 15, n° 1-2, p. 63-87.
- GUTTMAN N. B., 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index, *Journal of the American Water Resources Association*, n° 34, p. 113-121.
- GUTTMAN N. B., 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm, *Journal of the American Water Resources Association*, n° 35, p. 311-322.
- HIEZ G., 1987. Les supports théoriques du vecteur régional. Les premières applications et leur mise en œuvre informatique, in HIEZ G. (Coord.), *L'analyse critique des données pluviométriques*, Montpellier, Laboratoire d'hydrologie Éditions ORSTOM, p. 1-36.
- IONAC N., GRIGORE E., CONSTANTIN D. M., 2015. Évaluation des phénomènes de dessèchement et de sécheresse dans la zone continentale du plateau de la Dobroudja du sud,

- in XXVIII<sup>e</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, p. 269-274.
- KABORÉ P. N., OUEDRAOGO A., SANON M., YAKA P., SOME L., 2017. Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015, *Climatologie*, n° 14, p. 82-95. DOI : <https://doi.org/10.4267/climatologie.1268>.
- KOUASSI A. M., KOUAMÉ K. F., KOFFI Y. B., DIE K. B., PATUREL J.-E., OULARE S., 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, *Cybergeo: European Journal of Geography*, document 513, DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23388>.
- LAAROUBI H., 2007. *Étude hydrologique des bassins versants urbains de Rufisque*. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 308 p.
- LEBEL T., ALI A., 2009. Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, n° 375, p. 52-64.
- LE BORGNE J., 1988. *La pluviométrie au Sénégal et en Gambie*, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie, Laboratoire de Climatologie, 96 p.
- LEROUX M., 2000. *La dynamique du temps et du climat*. Paris, Dunod, 2<sup>e</sup> édition. Paris, 367 p.
- LEROUX, M., 1979. Le climat du Sénégal, in PÉLISSIER P. (éd.), *Atlas du Sénégal*, Collection Atlas Jeune Afrique, Paris, p. 12-17.
- LIMOUZIN P., 1969. Les pluies d'été à Dakar. In *Annales de Géographie*, t. 78, n° 425, p. 1-24. DOI : <https://doi.org/10.3406/geo.1969.14497>.
- MENDY A., 2023. A., 2023. *Alimentation de la région de Dakar en eau potable : enjeux et perspectives*. Thèse de doctorat de géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 370 p.
- MENDY A., MORIN S., DACOSTA H., KANE A., 2016. Vulnérabilité des ressources en eau et risques de dégradation des milieux des bassins versants de Néma et de Médina Djikoye, *Revue Espaces et Sociétés en Mutation du Département de Géographie*, n° 2, p. 101-119.
- NOUACEUR Z., 2020. La reprise des pluies et la recrudescence des inondations en Afrique de l'Ouest sahélienne ». *Physio-Géo*, vol. 15, n° 1, p. 89-109. DOI : <https://doi.org/10.4000/physio-geo.10966>.
- NOUACEUR Z., MURARESCU O., 2020. Rainfall Variability and Trend Analysis of Rainfall in West Africa (Senegal, Mauritania, Burkina Faso). *Water*, vol. 12, n° 6, 1754. DOI : <https://doi.org/10.3390/w12061754>.
- PANTHOU G., VISCHEL T., LEBEL T., 2014. Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel. *International Journal of Climatology*, n° 34, p. 3998-4006.
- PANTHOU G., VISCHEL T., LEBEL T., QUANTIN G., FAVRE PUGIN A.-C., BLANCHET J., ALI A., 2013. From pointwise testing to a regional vision: an integrated statistical approach to detect non stationarity in extreme daily rainfall. Application to the Sahelian region. *Journal of Geophysical Research*, vol. 118, n° 15, p. 8222-8237. DOI : <https://doi.org/10.1002/jgrd.50340>.
- PATUREL J.-E., SERVAT E., KOUAMÉ B., BOYER J.-F., LUBES-NIEL H., MASSON J.-M., 1996. Procédures d'identification de « ruptures » dans des séries chronologiques – modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non-sahélienne. *IASH Publ.*, n° 238, p. 99-110.
- RAOUS P., GUISCAFRE J., BOYER J.-F., CRESPIY A., 1990. PLUVIOM : un logiciel de gestion de données pluviométriques, in SÉCHET P. (éd.), *Systèmes d'information pour l'environnement*. Bondy. ORSTOM, p. 37-47.
- ROUSSEL I., PILLOY J. C., 1990. *Les travaux de l'O.M.M. sur les normes d'installation en milieu urbain*, Journées pluviométrie au sol, GEMCEA, 10-11 octobre 1990, Nancy, 3 p.
- SAGNA, P., NDOUR N. G., LAKE L.-A., 2000. Bilan climatique, in LAKE L.-A. et al. (dir.) *Écographie du Sénégal subsaharien et développement, dynamique des espaces ruraux des années 1950 à 2015*, Université Cheikh Anta Diop, IFAN, et Université de Sherbrook, Dakar, p. 47-83
- SAGNA P., 1995. L'évolution pluviométrique récente de la Grande – Côte du Sénégal et de l'archipel du Cap-Vert, *Revue de géographie de Lyon*, vol. 70, n° 3-4, Sahel, la grande sécheresse, p. 187-192. DOI : <https://doi.org/10.3406/geoca.1995.4211>.
- SERVAT É., PATUREL J.-E., LUBÈS-NIEL H., KOUAMÉ B., MASSON J.-M., TRAVAGLIO M., MARIEU B., 1999. De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne, *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 12, n° 2, p. 363-387. DOI : <https://doi.org/10.7202/705356ar>.
- VISCHEL T., LEBEL T., PANTHOU G., QUANTIN G., ROSSI A., MARTINET M., 2015. Le retour d'une période humide au Sahel? : observations et perspectives, in SULTAN B. et al. (éd.), *Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*, Marseille, IRD, p. 43-60.



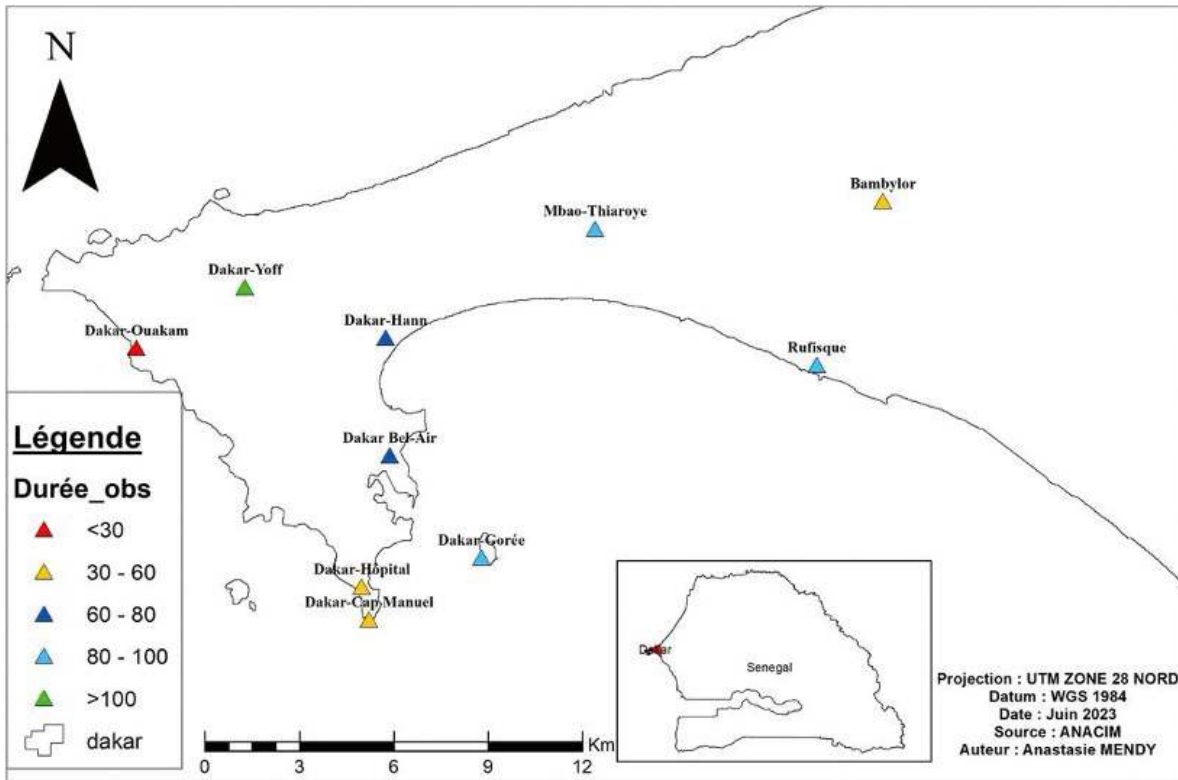


Figure 1 : Réseau de pluviomètres de la région de Dakar  
*Network of rain gauges in the Dakar region*

Source des données / Data source : ANACIM ; CIEH-ASECNA-ORSTOM 1976 ; 1990

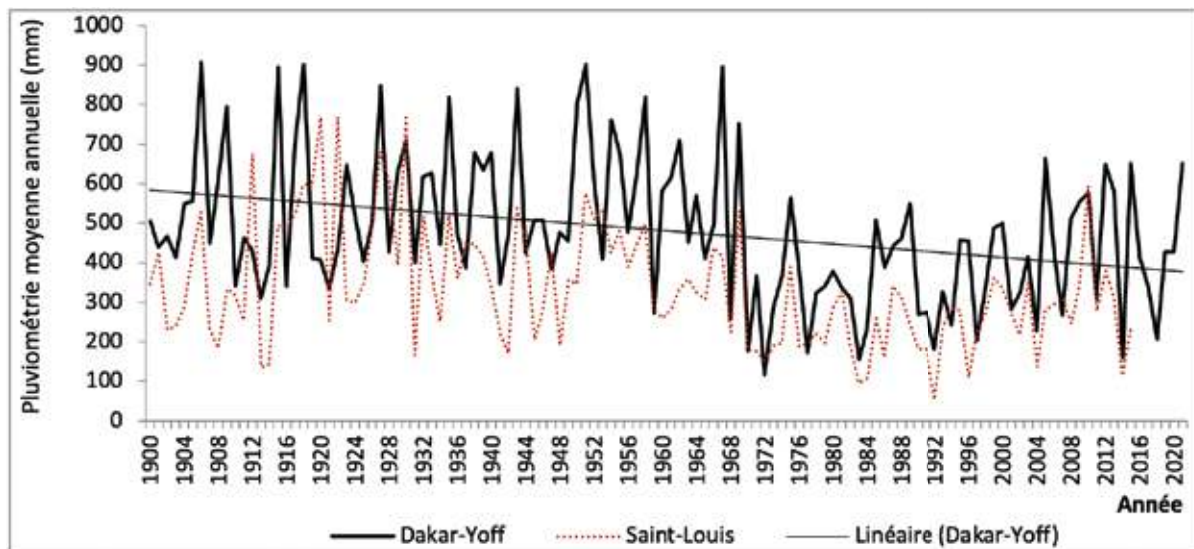


Figure 2 : Évolution de la pluviométrie annuelle à Dakar-Yoff et à Saint-Louis  
*Trends in annual rainfall at Dakar-Yoff and Saint-Louis*

Source des données / Data source : ANACIM

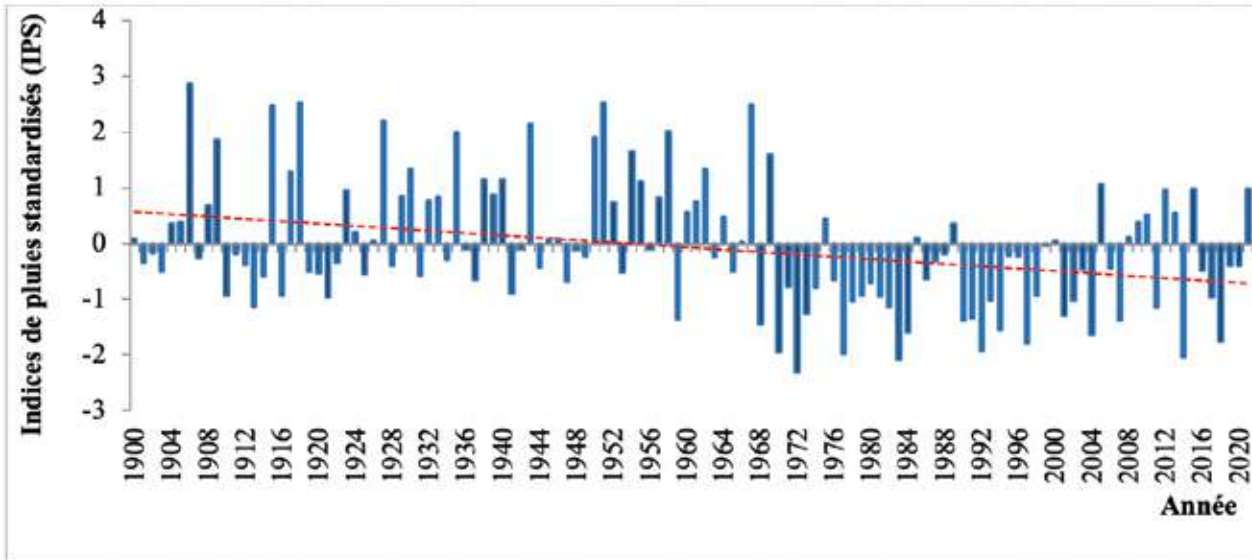


Figure 3 : Indice de précipitations standardisé à Dakar-Yoff de la série 1900-2021  
Standardized rainfall index at Dakar-Yoff for the 1900-2021 series

Source des données / Data source : ANACIM

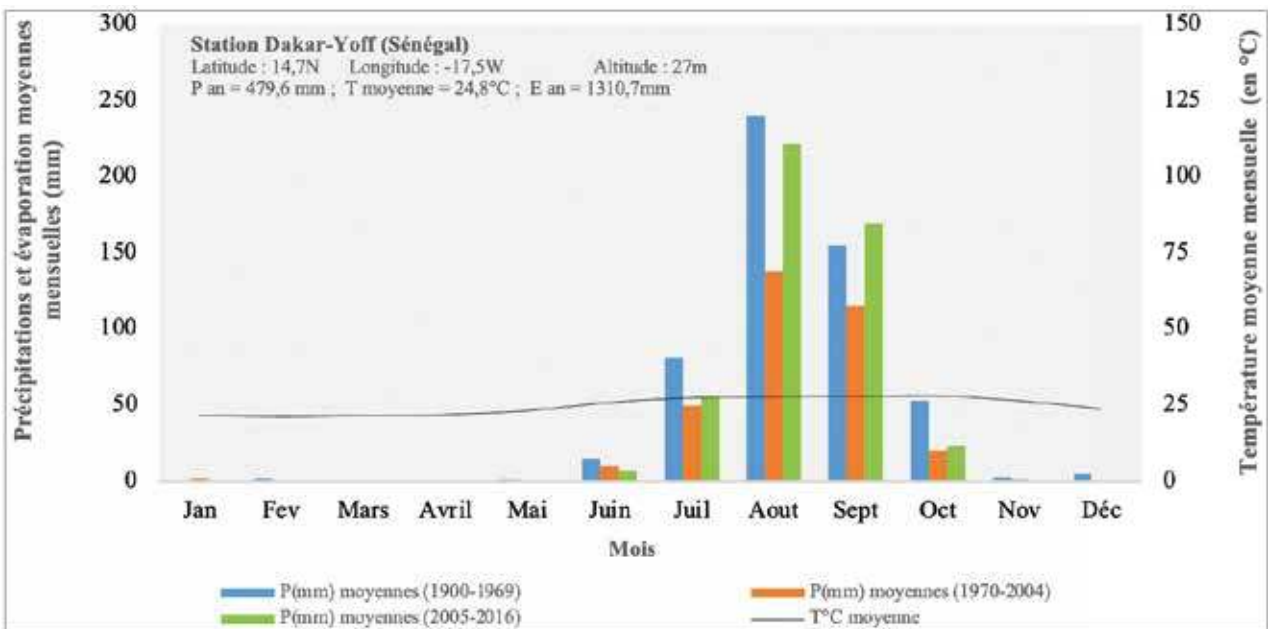


Figure 5 : Variabilité inter-saisonnière de la pluviométrie à Dakar-Yoff, 1900-2021  
Inter-seasonal variability of rainfall in Dakar-Yoff, 1900-2021

Source des données / Data source : ANACIM; CIEH – ASECNA-ORSTOM 1976; 1990

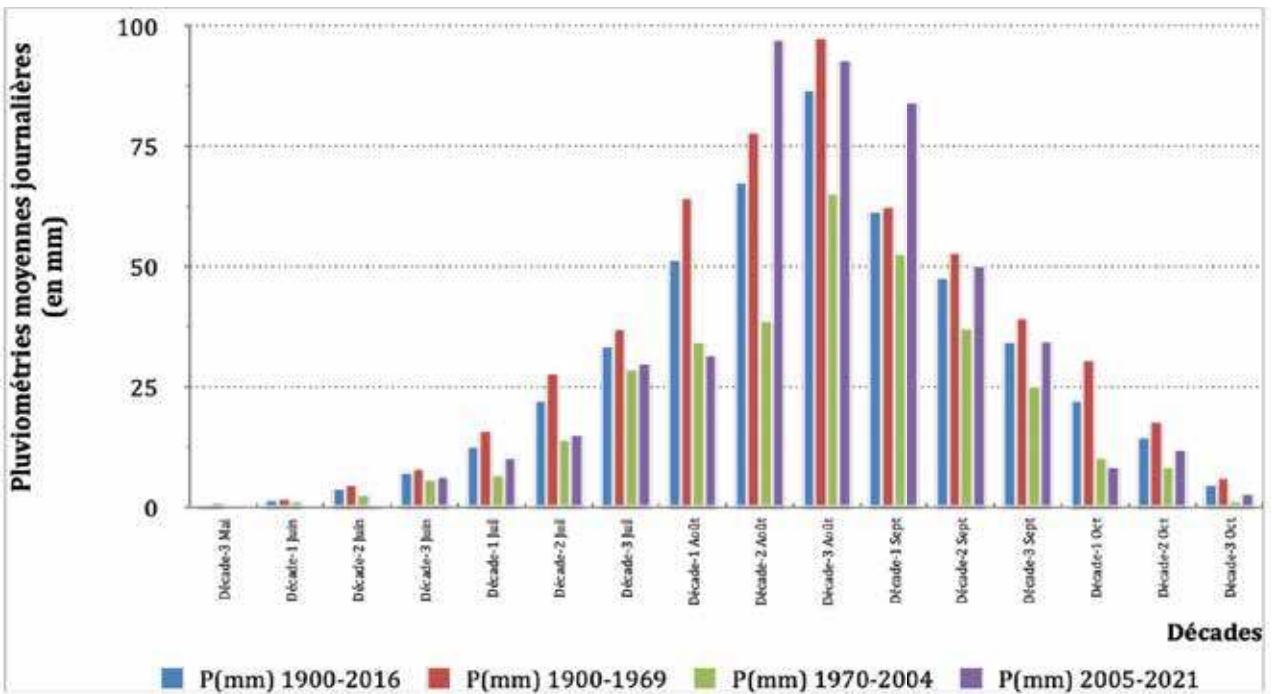


Figure 6 : Répartition des pluies par pas de temps de 10 jours à Dakar-Yoff, de 1900 à 2021  
Rainfall distribution by 10-day time step at Dakar-Yoff, 1900-2021

Source des données / Data source : ANACIM ; CIEH – ASECNA-ORSTOM 1976 ; 1990

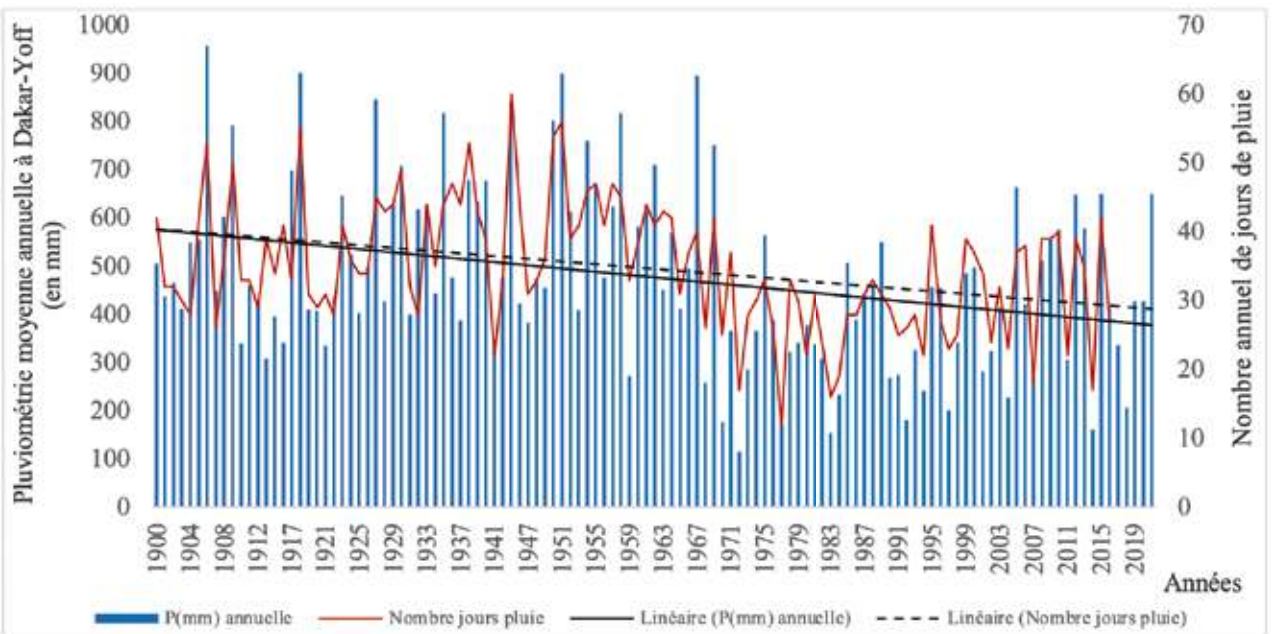


Figure 7 : Évolution de la pluviométrie moyenne annuelle et du nombre total de jours de pluies dans l'année à Dakar-Yoff, de 1900 à 2021  
Trends in average annual rainfall and total number of rainy days in the year in Dakar-Yoff, from 1900 to 2021

Source des données / Data source : ANACIM ; CIEH – ASECNA-ORSTOM 1976 ; 1990

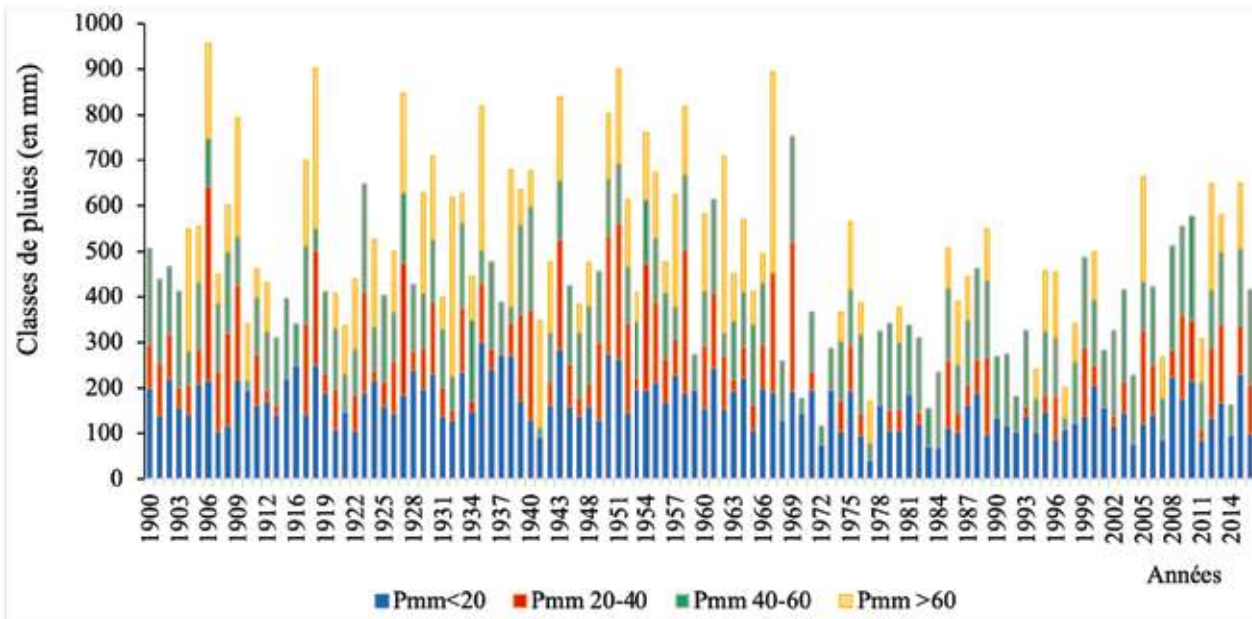


Figure 8 : Classes de pluies journalières à Dakar-Yoff, 1900-2016  
Daily rainfall classes in Dakar-Yoff, 1900-2016

Source des données / Data source : ANACIM; CIEH – ASECNA-ORSTOM 1976; 1990

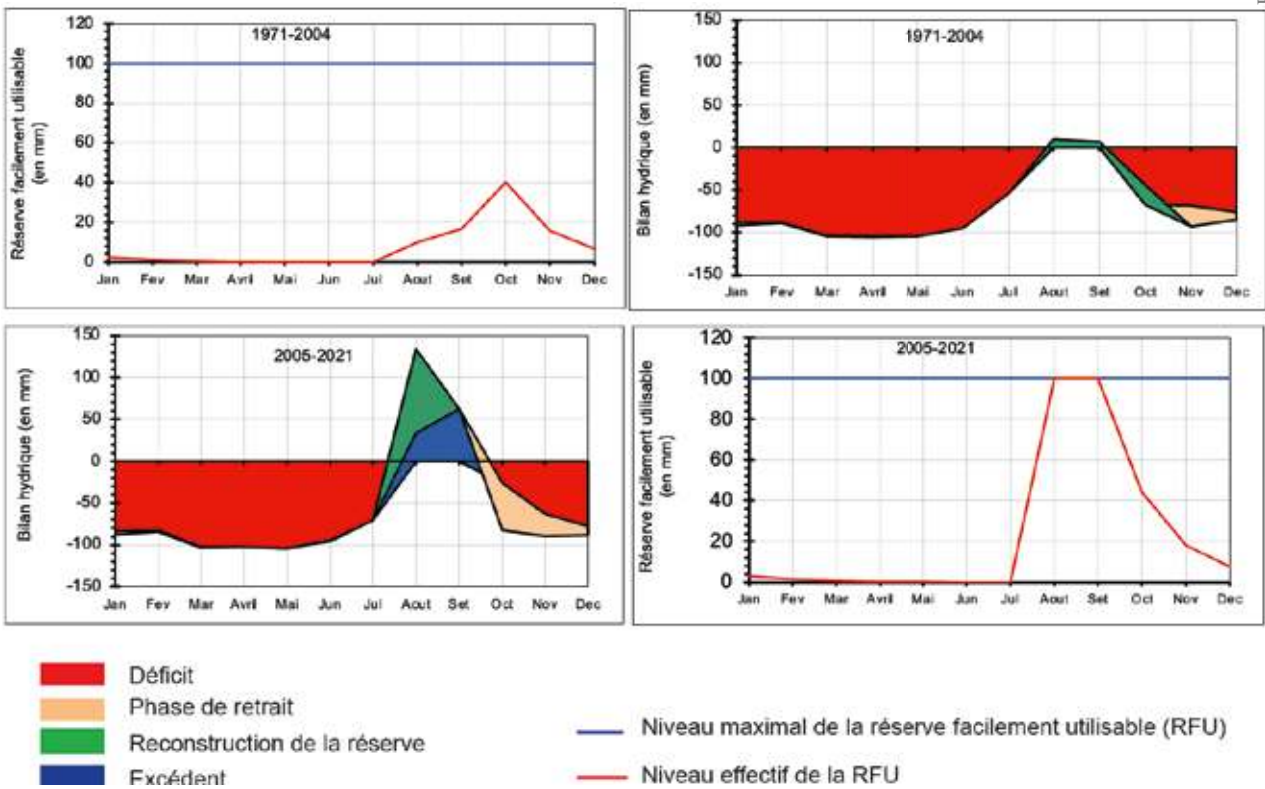


Figure 12 : Bilan hydrique et variation de la réserve facilement utilisable (RFU) établis à l'aide des paramètres climatiques observés à Dakar-Yoff

Water balance and variation in readily usable reserve (RFU) based on climatic parameters observed at Dakar-Yoff

Source des données / Data source : ANACIM

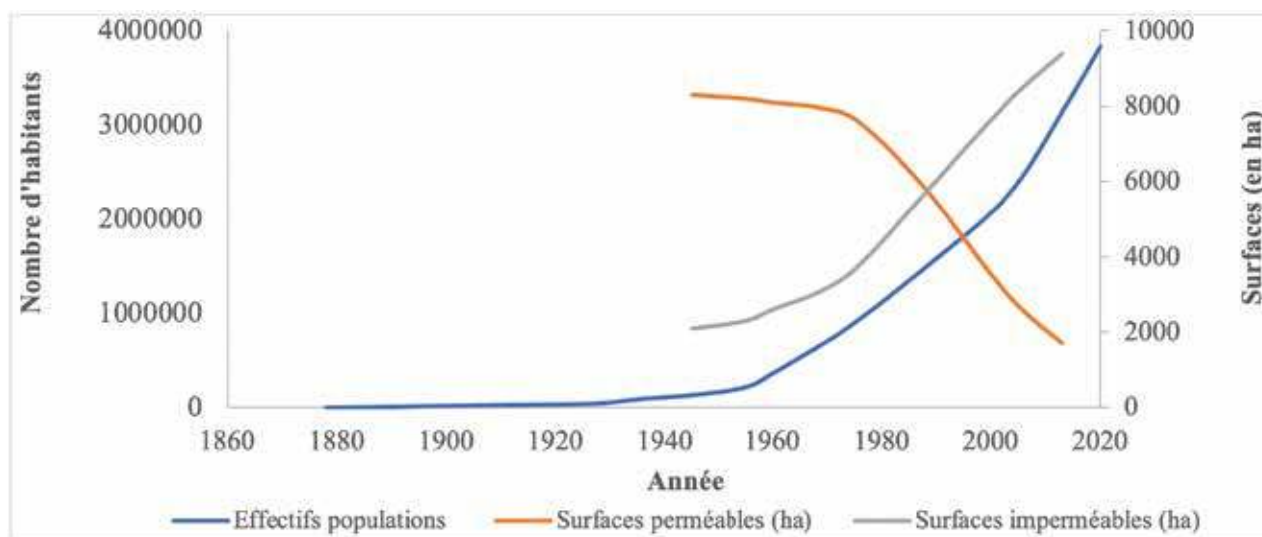


Figure 13 : Évolution démographique et imperméabilisation des sols à Dakar  
*Demographic trends and soil sealing in Dakar*

Source des données / *Data source* : ansD, SRTM-30 m