

Etude de la variabilité des extrêmes pluviométriques dans la région de Constantine

1*Gassi Ahmed

1 Chef section réseau climatologique Est Constantine, Division Climatologie régionale Est Constantine^a

^a Office National Météorologique Algérie

Correspondant : Ahmed Gassi : ahmedgassi@yahoo.fr

Résumé

Une étude de la variabilité des extrêmes pluviométriques dans la région de Constantine a été menée sur 44 ans (1980-2023). Sept indices climatiques pertinents ont été calculés à partir des données d'observation de la station Ain El Bey de Constantine, permettant ainsi de caractériser divers aspects des précipitations extrêmes et de révéler les tendances complexes des extrêmes pluviométriques dans cette région. L'analyse des données montre une légère baisse du cumul annuel des précipitations tandis que les autres indices analysés ne présentent pas de changement significatif. L'étude menée constitue une étape importante, mais il est important d'étendre l'analyse à l'ensemble de l'Est algérien pour généraliser l'évaluation du climat et affiner les connaissances sur les changements pluviométriques et leurs impacts potentiels dans la région.

Mots clés : Changement climatique, indices pluviométriques, précipitations extrêmes, Constantine.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Matériels et méthode	2
3	Résultats et discussion	3
3.1	Cumul annuel	3
3.2	Nombre Jours pluvieux consécutifs	3
3.3	Nombre Jours secs consécutifs	4
3.4	Hauteur maximale des Précipitations d'un jour	4
3.5	Cumul maximal des Précipitations de 5 jours consécutifs	5
3.6	Indice des Jours très pluvieux	5
3.7	Indice des Jours extrêmement pluvieux	6
4	Conclusion	7
	Références	8

1. Introduction

Toutes les projections futures du climat global (futur proche et lointain) prévoient une intensification du réchauffement moyen dû à l'effet de serre dont l'une des majeures conséquences sur la circulation atmosphérique est la limitation des échanges méridiens et la diminution des flux de

mousson à L'équateur (GIEC, 2007). Il s'en suit des répercussions sur les régimes pluviométriques qui se traduisent par des événements hydro climatiques extrêmes. La récurrence de ces événements, depuis ces dernières années, constitue l'un des principaux facteurs qui affecte aussi bien la capacité de production des écosystèmes que la société humaine (GIEC, 2020). Les impacts de cette variabilité climatique varient d'une région du globe à une autre avec des conséquences socio-économiques particulièrement importantes dans les pays en développement. En Afrique, une augmentation de la magnitude et de la fréquence des événements extrêmes est anticipée (SULTAN et al 2015).

L'Algérie est considérée comme l'une des régions les plus vulnérables devant les impacts de changement climatique au cours du 21ème siècle. Le nord de l'Algérie a connu une variabilité à la baisse de la pluviométrie annuelle au cours du 20ème siècle. L'évolution récente du climat montre que sur les 40 dernières années les sécheresses de la même période sont encore plus remarquables compte tenu du déficit pluviométrique enregistré un peu partout sur le territoire. La baisse de la pluviométrie dans cette période est estimée à environ 10% de la moyenne. Ces événements climatiques extrêmes pourraient devenir plus fréquents et avoir des impacts irréversibles sur l'environnement (SID et al 2023).

Dans l'optique de ces points, l'évaluation des extrêmes pluviométriques est nécessaire. C'est dans ce contexte que cette étude s'inscrit. Elle vise à analyser en détail les extrêmes pluviométriques à région de Constantine durant 44 ans (1980 à 2023). Nous avons utilisé les données de précipitation enregistrées par la station professionnelle de Ain el Bey de Constantine. Le calcul des normales climatiques a été réalisé selon les directives actuelles de l'OMM sur la période 1991-2020 (OMM-N° 1203) édition 2017.

2. Matériels et méthode

Les données de précipitation utilisées dans le cadre de cette étude ont subi un processus de vérification et de contrôle de qualité rigoureux à l'aide de logiciel CLICOM (CLimate COMputing PROject) développé sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Ce processus permet d'identifier les erreurs d'enregistrement qui peuvent affecter les données quotidiennes et horaires. Les contrôles de qualité appliqués aux valeurs observées varient en complexité et portent sur les points suivants :

- **Contrôles syntaxiques** : Vérification de la conformité du format des données aux règles définies (par exemple, la température de l'air doit être exprimée avec au plus un chiffre après la virgule).
- **Plages numériques** : Vérification que les valeurs des données se situent dans des plages raisonnables (par exemple, la température doit se situer entre -90 et +70 degrés Celsius).
- **Cohérence entre les relevés** : Vérification de la cohérence entre les différentes variables mesurées (par exemple, la température de l'air ne doit pas être inférieure au point de rosée).
- **Cohérence des séries chronologiques** : Vérification de la cohérence des données dans le temps (par exemple, la différence entre deux températures observées successivement sur le même site doit être plausible).
- **Cohérence spatiale** : Vérification de la cohérence des données dans l'espace (par exemple, les limites d'une différence plausible entre les températures d'une station et de ses environs ne doivent pas être dépassées).

CLICOM effectue les contrôles de qualité à l'aide de fonctions spécifiques, tels que ELEMCHKS.DLY pour les données quotidiennes et ELEMCHKS.HLY pour les données horaires selon le schéma mentionné par la figure 1.

Dans le but d'évaluer si les indices calculés sur la période d'étude diffèrent significativement des normales climatologiques établies, le test de Student, également connu sous le nom de test t de Student, s'avère être un outil statistique pertinent. Cette approche consiste à comparer la moyenne des indices calculés à la normale climatologique de référence en s'appuyant sur une statistique de test t de Student et sa valeur p associée. Si la valeur p est inférieure à un seuil de signification prédéfini (généralement 0,05), on rejette l'hypothèse nulle selon laquelle les moyennes ne diffèrent pas et on conclut qu'il existe une différence significative entre l'indice calculé et la normale climatologique de référence. L'interprétation des résultats s'accompagne également du calcul de l'effet size, qui permet de quantifier l'ampleur de la différence observée. L'application du test de Student permet ainsi de détecter si les indices calculés sur une période donnée ont subi une variation notable par rapport aux normales climatologiques, fournissant des informations précieuses pour la compréhension des changements climatiques et l'évaluation des extrêmes pluviométriques.

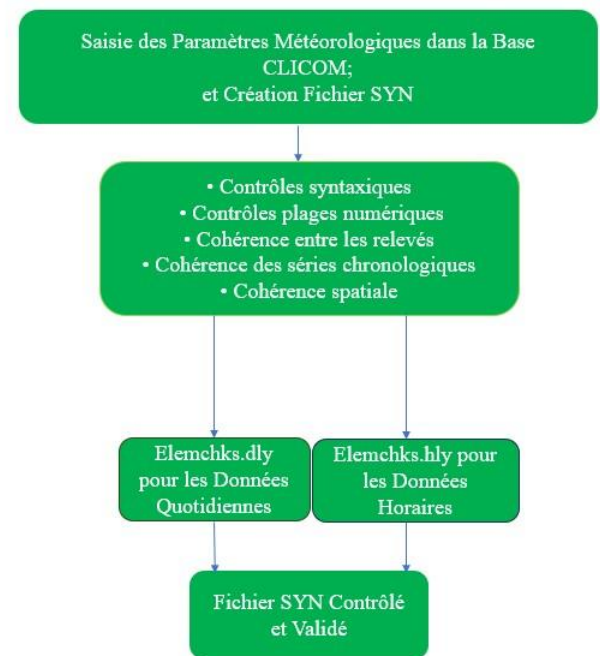


FIGURE 1. Schéma de contrôle CLICOM

Pour analyser les extrêmes de pluie, nous avons procédé par le calcul de sept indices pluviométriques définis dans le tableau 1.

Identification	Noms de l'indice	Définition	Unité
Cumul Annuel	Total annuel des pluies	Précipitations totales annuelles des jours pluvieux (RR 0,1 mm)	MM
Nmjcp	Jours pluvieux consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs avec des précipitations journalières 0.1mm	JOUR
Nmjcs	Jours secs consécutifs	Nombre maximal des jours consécutifs avec précipitations journalières < 0.1 mm	JOUR
Rx1j	Hauteur maximale des précipitations d'un jour	Précipitation totale maximale d'un jour pluvieux	MM
Rx5j	Cumul maximal des précipitations de 5 jours consécutifs	Précipitation totale maximale sur 5 jours pluvieux consécutifs pendant l'année	MM
R95p	Jours très pluvieux	Précipitation totale annuelle avec précipitation > 95e percentile	MM
R99p	Jours extrêmement pluvieux	Précipitations totales annuelles avec les précipitations > 99e percentile	MM

TABLE 1. Indices des extrêmes des précipitations journalières

3. Résultats et discussion

3.1 Cumul annuel

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

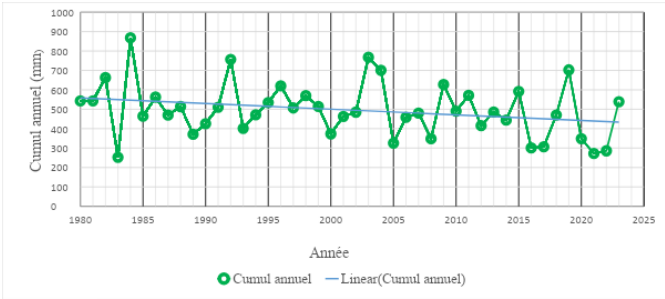


FIGURE 2. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice Cumul annuel (Total annuel des pluies) : à la station de Constantine

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'Indice Cumul annuel (Total annuel des pluies), on peut constater une légère baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	t = -0,4	p = 0,69	La moyenne des cumuls annuels est inférieure à la normale climatologique.	D de Cohen = -0,4 (effet petit). La différence entre la moyenne des cumuls annuels et la normale climatologique est relativement petite.

TABLE 2. statique descriptives des cumuls annuels

Interprétation

L'analyse statistique montre que la moyenne des cumuls annuels de précipitations sur la période de 1980 à 2023 est légèrement inférieure à la normale climatologique, mais la différence n'est pas statistiquement significative.

3.2 Nombre Jours pluvieux consécutifs

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

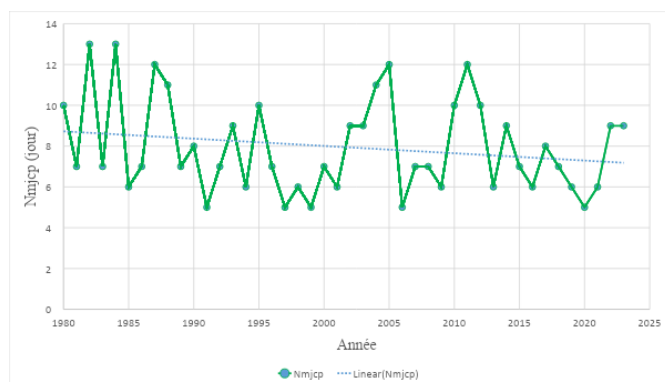


FIGURE 3. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice Nmjcj (Jours pluvieux consécutifs) à la station de Constantine.

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'Indice Nmjcj (Jours pluvieux consécutifs) montre une légère baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	$t = 1,55$	$p = 0,128$	Pas de différence significative entre la moyenne des jours pluvieux et la normale climatologique	d de Cohen = 0,19 (faible)

TABLE 3. Statistiques descriptives de Nmjcj

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen de jours pluvieux consécutifs observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 7,5 jours. L'effet de taille est également faible, ce qui confirme que la différence observée n'est pas d'une grande ampleur pratique.

3.3 Nombre Jours secs consécutifs

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

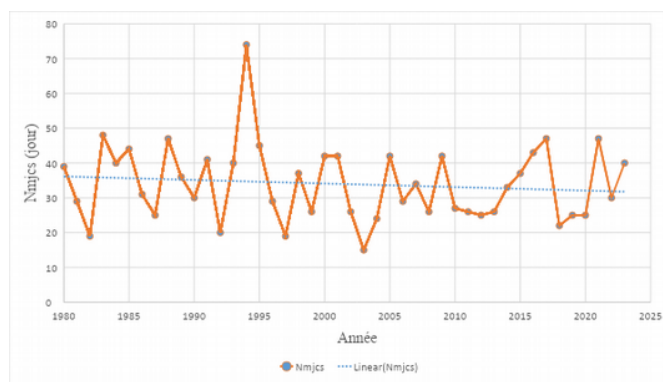


FIGURE 4. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice Nmjs (Jours secs consécutifs) : à la station de Constantine.

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'Indice Nmjs (Jours secs consécutifs) montre une légère baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	$t = 0,73$	$p = 0,472$	Pas de différence significative entre la moyenne des jours secs et la normale climatologique	d de Cohen = 0,09 (très faible)

TABLE 4. Statistiques descriptives de Nmjs

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen de jours secs consécutifs observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 32,97 jours. L'effet de taille est également très faible, ce qui confirme que la différence observée est négligeable d'un point de vue pratique.

3.4 Hauteur maximale des Précipitations d'un jour

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

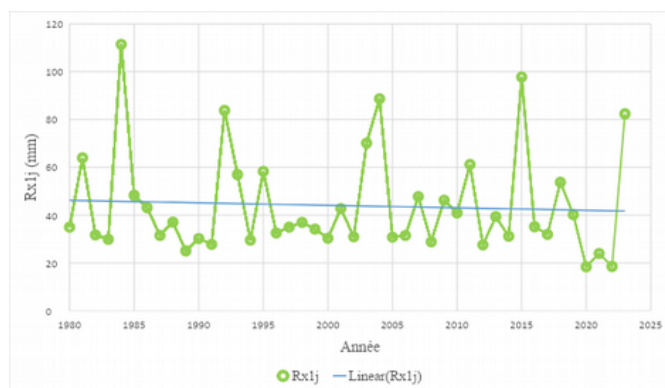


FIGURE 5. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice Rx1j (Hauteur maximale des Précipitations d'un jour) : à la station de Constantine

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'Indice Rx1j montre une légère baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	t = -0,04	p = 0,970	Pas de différence significative entre la moyenne des précipitations et la normale climatologique	d de Cohen = -0,004 (négligeable)

TABLE 5. statique descriptives de Nm1j

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre la hauteur maximale moyenne des précipitations d'un jour observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 44,05 mm. L'effet de taille est également négligeable, ce qui confirme que la différence observée est pratiquement inexistante.

3.5 Cumul maximal des Précipitations de 5 jours consécutifs

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

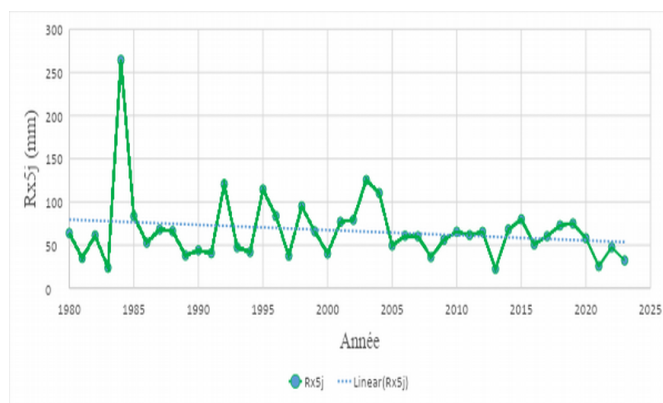


FIGURE 6. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice Rx5j (Cumul maximal des Précipitations de 5 jours consécutifs) : à la station de Constantine

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'Indice Rx5j montre une légère baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	t = -0,21	p = 0,836	Pas de différence significative entre la moyenne des précipitations et la normale climatologique	d de Cohen = -0,02 (négligeable)

TABLE 6. statique descriptives de Rx5j

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le cumul maximal moyen des précipitations de 5 jours consécutifs observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 67,36 mm. L'effet de taille est également négligeable, ce qui confirme que la différence observée est pratiquement inexistante.

3.6 Indice des Jours très pluvieux

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

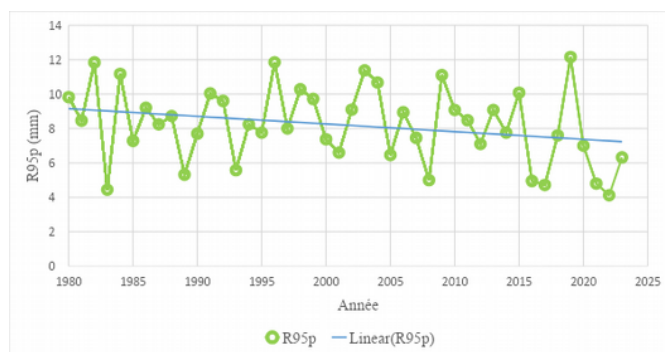


FIGURE 7. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'Indice R95p (Jours très pluvieux) : à la station de Constantine

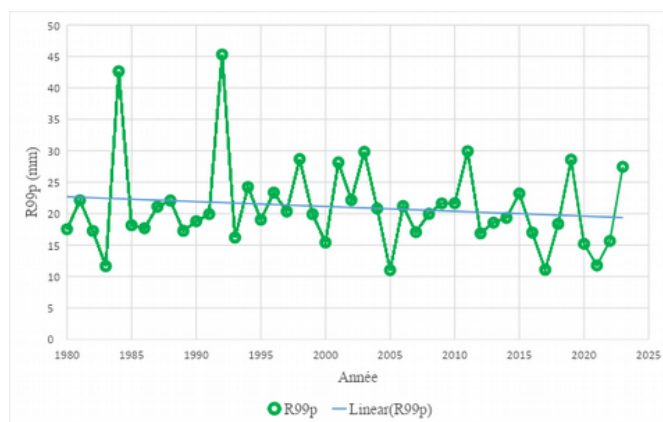


FIGURE 8. Variation annuelle et tendance linéaire des valeurs de l'indice R99p (Jours extrêmement pluvieux) à la station de Constantine

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'indice R95p (Jours très pluvieux), il est clair qu'il y a eu une baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

L'analyse de la tendance linéaire des valeurs de l'indice R99p (Jours extrêmement pluvieux), il est clair qu'il y a eu une baisse de 1980 à 2023 à la station de Constantine.

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	$t = -0,87$	$p = 0,389$	Pas de différence significative entre la moyenne des jours très pluvieux et la normale climatologique	d de Cohen = $-0,11$ (négligeable)

TABLE 7. statique descriptives de R95p

Test	Statistique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Test de Student à un échantillon	$t = -0,63$	$p = 0,533$	Pas de différence significative entre la moyenne des jours extrêmement pluvieux et la normale climatologique	d de Cohen = $-0,06$ (négligeable)

TABLE 8. statique descriptives de R95p

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'indice moyen des jours très pluvieux observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 8,44 jours. L'effet de taille est également négligeable, ce qui confirme que la différence observée est pratiquement inexistante.

Interprétation : L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'indice moyen des jours extrêmement pluvieux observé sur la période de 1980 à 2023 et la normale climatologique de 21,47 jours. L'effet de taille est également négligeable, ce qui confirme que la différence observée est pratiquement inexistante.

3.7 Indice des Jours extrêmement pluvieux

Les valeurs de l'indice avec la tendance sont présentées ci-dessous.

Table 9 : récapitulatif des indices pluviométriques à Constantine (1980-2023) et de leur évolution par rapport à la normale (1991-2020)

Indice	Moyenne	Écart-type	Normale climatologique	Valeur p	Interprétation	Effet de taille
Cumul annuel	495,97 mm	138,01 mm	501,58 mm	0,69	Différence significative (baisse)	d de Cohen = -0,040 (faible)
Nombre de jours pluvieux consécutifs	7,95 jours	2,31 jours	7,5 jours	0,128	Pas de différence significative	d de Cohen = 0,19 (faible)
Nombre de jours secs consécutifs	33,95 jours	10,92 jours	32,97 jours	0,472	Pas de différence significative	d de Cohen = 0,09 (très faible)
Hauteur maximale des précipitations d'un jour	43,96 mm	21,41 mm	44,05 mm	0,97	Pas de différence significative	d de Cohen = -0,004 (négligeable)
Cumul maximal des précipitations de 5 jours consécutifs	66,52 mm	39,22 mm	67,36 mm	0,836	Pas de différence significative	d de Cohen = -0,02 (négligeable)
Indice des jours très pluvieux	8,20 jours	2,18 jours	8,44 jours	0,389	Pas de différence significative	d de Cohen = -0,11 (négligeable)
Indice des jours extrêmement pluvieux	21,03 jours	6,94 jours	21,47 jours	0,533	Pas de différence significative	d de Cohen = -0,06 (négligeable)

L'analyse statistique des indices pluviométriques à Constantine sur la période de 1980 à 2023 met en évidence des tendances spécifiques pour chaque indice, avec des implications importantes pour la gestion des ressources en eau dans la région.

1. Cumul Annuel des Précipitations : Une Diminution Préoccupante

- **Observation** : Différence significative - Baisse du cumul annuel des précipitations (495,97 mm vs 501,58 mm de normale).

2. Nombre de Jours Pluvieux Consécutifs : Une Stabilité Relative

- **Observation** : Pas de changement significatif dans le nombre de jours pluvieux consécutifs (7,95 jours vs 7,5 jours de normale).

3. Nombre de Jours Secs Consécutifs : Une Stabilité Appréciable

- **Observation** : Absence de changement significatif dans le nombre de jours secs consécutifs (33,95 jours vs 32,97 jours de normale).

4. Hauteur Maximale des Précipitations d'un Jour : Une Stabilité Remarquable

- **Observation** : Pas de changement significatif dans la hauteur maximale des précipitations d'un jour (43,96 mm vs 44,05 mm de normale).

5. Cumul Maximal des Précipitations de 5 Jours Consécutifs : Une Stabilité Rassurante

- **Observation** : Absence de changement significatif dans le cumul maximal des précipitations de 5 jours consécutifs (66,52 mm vs 67,36 mm de normale).

6. Indice des Jours Très Pluvieux : Une Stabilité Relative

- **Observation** : Pas de changement significatif dans l'indice des jours très pluvieux (8,20 jours vs 8,44 jours de normale).

7. Indice des Jours Extrêmement Pluvieux : Une Stabilité Remarquable

- **Observation** : Absence de changement significatif dans l'indice des jours extrêmement pluvieux (21,03 jours vs 21,47 jours de normale).

4. Conclusion

Afin d'étudier les tendances des extrêmes pluviométriques à Constantine, une analyse statistique rigoureuse a été menée sur une série de données de 44 ans (1980-2023) provenant de la station météorologique Ain el Bey Aéroport de Constantine. Sept indices climatiques pertinents ont été calculés à partir des données de la station de Constantine, permettant de caractériser divers aspects des précipitations extrêmes. Les résultats obtenus de l'analyse statistique révèlent des tendances contrastées. Si l'on observe une légère baisse du cumul annuel des précipitations, les autres indices analysés, à savoir le nombre de jours pluvieux et secs consécutifs, la hauteur maximale des précipitations d'un jour, le cumul maximal des précipitations de 5 jours consécutifs, l'indice des jours très pluvieux et l'indice des jours extrêmement pluvieux, ne présentent pas de changement significatif.

Bien que l'effet de taille pour la plupart des indices soit faible ou négligeable, la baisse du cumul annuel des précipitations est préoccupante et pourrait avoir des conséquences néfastes sur les ressources en eau. L'absence de changement

significatif dans le nombre de jours pluvieux et secs consécutifs suggère une certaine stabilité du régime pluviométrique en termes de fréquence des épisodes pluvieux et secs. De même, la stabilité des précipitations extrêmes indique que les événements pluviométriques les plus intenses ne présentent pas de tendance marquée sur la période étudiée. En conclusion, l'analyse statistique des indices pluviométriques à Constantine fournit des informations précieuses pour comprendre les tendances climatiques locales et guider la prise de décision en matière de gestion des ressources en eau et d'adaptation au changement climatique. Des recherches et des suivis approfondis sont essentiels pour mieux cerner les évolutions futures et mettre en place des stratégies d'adaptation efficaces. Il est important de noter que cette étude se base sur les données d'une seule station pluviométrique et ne peut donc pas être généralisée à l'ensemble de la région. Des analyses plus approfondies, prenant en compte des données provenant de plusieurs stations, seraient nécessaires pour une compréhension plus complète de l'évolution des précipitations dans cette région.

Références

- [1] Directives de l'OMM pour le calcul des normales climatiques (OMM-N° 1203) édition 2017.
- [2] GIEC, (2007). "Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat". Équipe de rédaction principale, PACHAURI, R.K. et REISINGER, A. (publié sous la direction de GIEC, Genève, Suisse, p. 30).
- [3] SULTAN, B., ROUDIER, P., TRAORE, S. (2015). "Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest". In : SULTAN, B. (ED.), LALOU, R. (ED.), AMADOU, S. (ED.), OUMAROU, A. (ED.), SOUMARÉ, M.A. (ED.). Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. Marseille : IRD, p. 209-225. (Synthèses). ISBN 978-2-7099-2146-6.
- [4] GIEC (2020). Rapport N° 5 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en janvier 2020.
- [5] SID, K.S. (2023). Étude statistique des précipitations et des températures de la ville de Constantine, Mémoire de Master académique, Filière : Hydraulique, Spécialité : Ressources Hydriques, Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des sciences appliquées, Département Génie Civil et Hydraulique.