



HAL
open science

Analyse statistique de la pluviométrie dans les Doukkala : Focus sur quelques stations (1985 – 2014)

Mohammed Boudiaf

► **To cite this version:**

Mohammed Boudiaf. Analyse statistique de la pluviométrie dans les Doukkala : Focus sur quelques stations (1985 – 2014). Dynamiques de l'espace Marocain: processus et enjeux de développement: Approches géographiques, 2, A paraître, 2024MO0525. <hal-04555459>

HAL Id: hal-04555459

<https://hal.science/hal-04555459v1>

Submitted on 25 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Dynamiques de l'espace marocain: processus et enjeux de développement : Approches géographiques

Actes de colloque national en Hommage aux professeurs :

Pr. Mohamed BEN KHAY et Pr. Abdellatif JAMAL



Département de Géographie
et Laboratoire Reconstitution
de l'Espace et Développement Durable
25 et 26 Mai 2023



Analyse statistique de la pluviométrie dans les Doukkala : Focus sur quelques stations (1985 – 2014)

Mohammed Boudiaf •

* Université Chouaib Doukkali

Résumé :

Le présent travail est une application de la statistique descriptive concernant la pluviométrie dans les Doukkala. Elle est basée sur une série de données de (1985-2014) que nous avons collectés en prenant des stations côtières (**My Abdellah et Oulad Ghanem**) et des stations situées à l'intérieur (**Sidi Bennour et Oulad Omrane**).

Dans un premier temps, nous avons contrôlé la qualité de nos données d'observation en utilisant les tests de l'homogénéité : la méthode double cumul et la régression linéaire pour chercher la nature de corrélation entre stations.

En se basant sur la méthode d'écart à la moyenne, nous avons trouvé que la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale des précipitations varie entre 493,3 mm à Oulad Omrane et 852,7 mm à Oulad Ghanem.

Par ailleurs, nous nous sommes basés sur les paramètres de position et de dispersion pour visualiser et résumer les données étudiées afin de les utiliser pour étudier des indices pluviométriques, tel que l'indice normalisé de précipitations (SPI) par lequel on a obtenu une succession d'années sèches dans la zone étudiée avec un intervalle variant entre 2 à 5 ans.

Mots clés : statistique descriptive, la pluviométrie, paramètres de position et de dispersion, sécheresse.

Abstract :

This paper highlights the application of descriptive statistics to study and analyze the rainfall pattern in Doukkala between 1985 and 2014 in coastal stations (My Abdellah and Oulad Ghanem) and internal stations (Sidi Bennour and Oulad Omrane).

First, we used statistical tests of homogenization of precipitation data including the double cumulative method, and correlation between stations by linear regression. The latter showed us a positive linear relationship between the stations studied.

Based on the method of deviation from the mean , we found that the difference between the maximum and minimum value of rainfall varies between 493.3 mm at the station Oulad Omrane and 852.7 mm at the station Oulad Ghanem.

On the other hand , we used the position and dispersion parameters to visualize and summarize the studied data in order to use them to study rainfall indices , such as the normalized precipitation index (SPI) by which we demonstrated a succession of dry years in the studied area with an interval varying between 2 and 5 years.

Keywords : descriptive statistics , rainfall , position and dispersion parameters , dry.

1- Introduction :

Parmi les éléments climatiques déterminants et qui influent les activités agricoles dans les Doukkala on trouve les précipitations. Elles contribuent au développement de l'espace géographique , mais elles peuvent être en même temps l'une des contraintes qui peuvent y avoir des effets néfastes sur le plan économique , social et environnemental.

L'étude qu'on mène a pour but de mettre en relief une analyse statistique descriptive du régime de la pluviométrie dans la zone des Doukkala vu qu'elle constitue unité géographique relativement hétérogène , à travers laquelle on a montré les principales caractéristiques spatiales et temporelles des pluies y compris les changements interannuels qui marquent cet élément climatique.

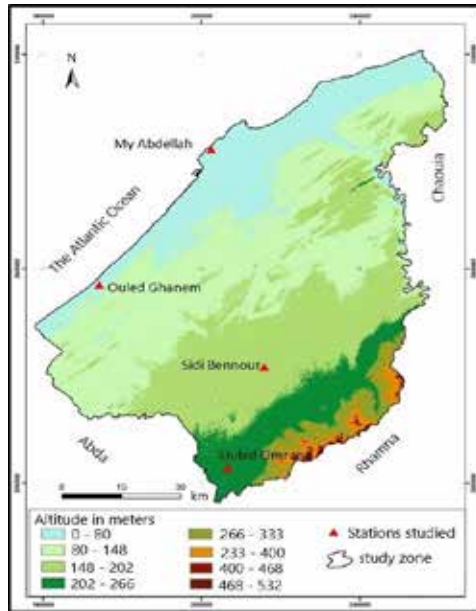
2- Méthodes

L'analyse de cette étude a été basée sur l'ensemble des données pluviométriques , couvrant une période de 30 ans de 1985 à 2014 des stations étudiées , issues du département de la climatologie à l'office régional de mise en valeur agricole des Doukkala.

2.1 - Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie d'un ensemble géographique appelé Doukkala qui appartient au Maroc atlantique et se situe entre la latitude 32°15' et 33°15' Nord , et les longitudes 7°55' et 9°15' Ouest. Ses limites sont : au Nord-Est la Chaouia , au Sud-Est Rhamna au Sud et au Sud-Ouest l'Abda , et à l'Ouest l'océan atlantique. (fig. 1)

Fig 1: Zone d'étude et localisation des stations



2.2- Critères et choix des stations

Afin d'analyser le régime pluviométrique et obtenir des résultats fiables et crédibles, on s'est basé sur les critères suivants :

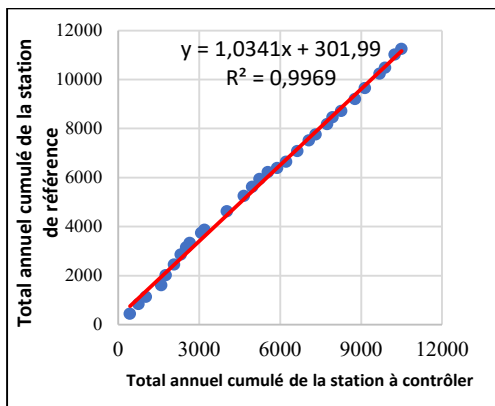
- ✓ Les stations retenues appartiennent à des unités topographiques différentes.
- ✓ Homogénéité des séries à étudier.
- ✓ La continuité des séries des stations retenues sur une période suffisamment longue.
- ✓ Corrélation positive entre les stations.

2.3 - Test d'homogénéité (la méthode classique double cumul)

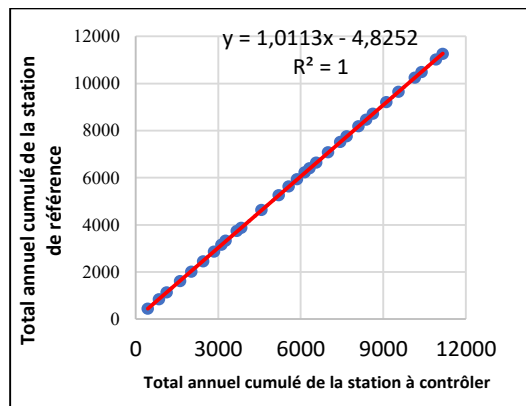
Pour tester l'homogénéité des séries chronologiques observées dans les stations d'étude et pour une analyse fiable, nous avons appliqué la méthode classique double cumul pour vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées à deux stations, l'une étant la station de référence contenant des données pluviométriques correctes et l'autre la station que nous voulons contrôler.

Nous avons choisi la station d'El Jadida qui fait partie du réseau de la Direction Générale de la Météorologie Nationale comme station de référence en raison de la continuité et de la fiabilité de ses données pluviométriques.

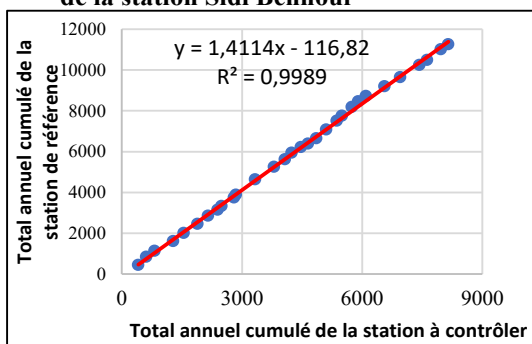
**Fig2 : Test d'homogénéité de la station
Ouled Ghanem**



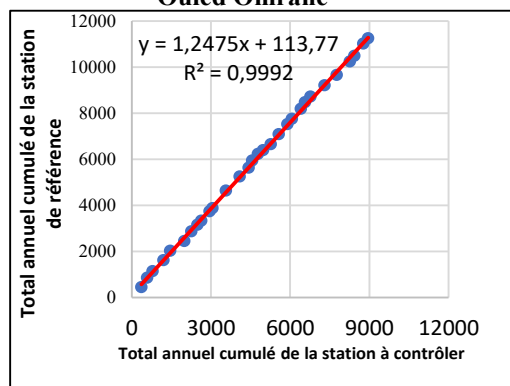
**Fig3 : Test d'homogénéité de la station
My Abdellah**



**Fig 4 : Test d'homogénéité
de la station Sidi Bennour**



**Fig 5 : Test d'homogénéité de la station
Ouled Omrane**



D'après les figures, nous n'avons pas remarqué de points de rupture ou de cassure de la pente. Ceci dénote que les séries de données sont donc homogènes.

2.4 – Corrélation des stations en utilisant la régression linéaire

Du point de vue statistique la corrélation est utilisée pour savoir la nature de relation existant entre deux variables quantitatives¹ continues ce qui va nous

¹ : **Mercklé Pierre**, « Corrélation », *Sociologie* [En ligne], Les 100 mots de la sociologie, mis en ligne le 02 mai 2022, consulté le 20 avril 2023. URL : <http://journals.openedition.org/sociologie/526>

permettre dans notre analyse de déterminer le degré de liaison entre les précipitations des stations étudiées.

Le résultat de la corrélation figure au niveau du nuage des points illustrant les valeurs annuelles pluviométriques et prenant la forme d'une fonction linéaire inclinée par rapport aux valeurs x et y correspondant respectivement aux pluies annuelles des deux stations.

Les figures ci-dessous représentent la corrélation par régression linéaire entre les différentes stations.

Fig 6 : Corrélation pluviométrique annuelle entre Oulad Ghanem et My Abdellah

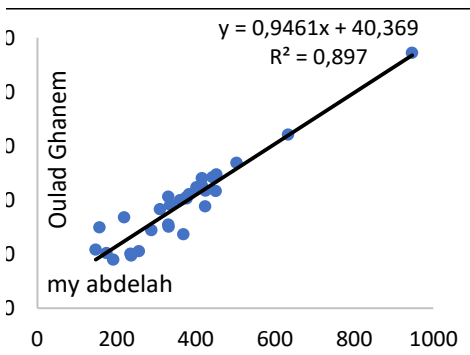


Fig 7 : Corrélation pluviométrique annuelle entre Sidi Bennour et oulad omrane

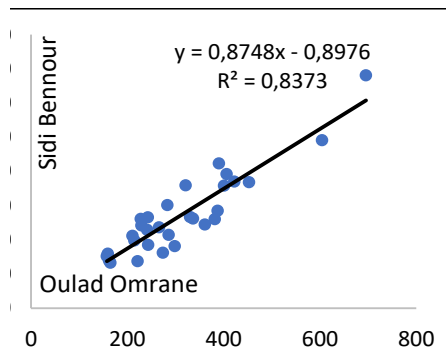


Fig 8 : Corrélation pluviométrique annuelle entre Sidi Bennour et My Abdellah

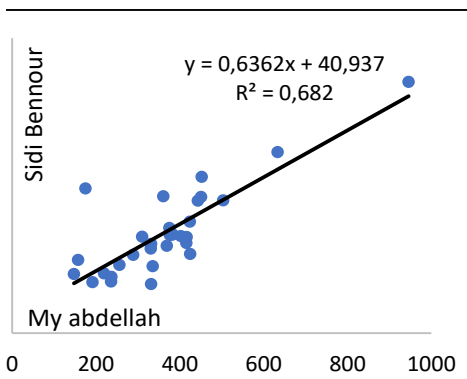
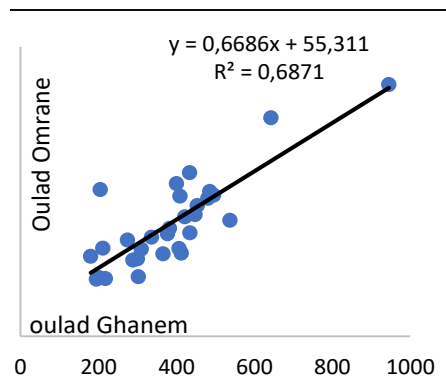


Fig 9 : Corrélation pluviométrique annuelle entre Oulad Omrane et Oulad Ghanem



Le coefficient de corrélation se calcule par la formule suivante :

$$r = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Il est à noter que lorsque le coefficient de corrélation tend vers la valeur et après avoir calculé ± 1 (+ ou -) la liaison entre les deux stations étudiées est forte nous avons le coefficient de corrélation **R** entre les différentes stations d'études remarqué qu'il y a une relation linéaire positive entre les stations étudiées selon le tableau suivante :

Tab1 : Le coefficient de corrélation entre les stations

Stations	Coefficient de corrélation
My Abdellah et Ouled ghanem	0.91
My abdellah et Sidi Bennour	0.79
Ouled ghanem et Oulad Omrane	0.8
Ouled omrane et Sidi Bennour	0.88

2.5 - Les indices statistiques utilisés

Pour analyser la variabilité spatiale des précipitations, plusieurs paramètres statistiques peuvent être utilisés, parmi ceux qu'on a utilisés ici : les paramètres de dispersion l'écart à la moyenne et l'écart type, qui se calculent après avoir trouvé la moyenne arithmétique qui est un paramètre de position.

Indice de l'écart à la moyenne

Cet indice est le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année². L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (\bar{P}) : $Em = P_i - \bar{P}$. Un écart positif signifie que l'année est humide, et nous considérons une année sèche quand il est négatif. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession.

•L'écart-type (σ)

L'écart-type est une mesure de dispersion qu'on utilise en statistique lorsqu'on emploie les moyennes arithmétiques pour calculer les tendances centrales. Il mesure donc la dispersion autour des moyennes, et se calcule par la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(P_i - \bar{P})^2}{n}}$$

P_i : Cumul annuel de l'année i

\bar{P} : Moyenne des pluies annuelles

² : K. ELBOUQDAOUI, S. HAIDA, O. ABOULABBES, L. BENAABIDAT, M. ZAHRAOUI & A. OZER, (2006), *Evolution du régime pluviométrique et hydrométrique du bassin versant du Srou (Moyen Atlas, Maroc)*, Geo-Eco-Trop, 30.2, pp 41-56

N : Nombre d'année de la série

Pour caractériser cette dispersion, on doit définir tout d'abord la variance et puis l'écart-type qui est la racine carrée de la variance. Les valeurs sont peu dispersées autour de la moyenne quand l'écart type est faible.

On avait besoin d'utiliser l'écart type pour utiliser IPS.

• Indice de précipitations standardisé : IPS

L'indice de précipitations normalisé (McKee et al. 1993) est un indice simple, puissant et souple à la fois basé sur des données pluviométriques et il permet tout aussi bien de vérifier les périodes/cycles humides que les périodes/cycles secs.³

L'indice est calculé de la manière suivante : $SPI = \frac{Pi - \bar{P}}{\sigma_i}$

P_i : Précipitation de l'année i

\bar{P} : Précipitation moyenne

σ_i : L'écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

3- Résultats et discussions

3.1- Variabilité pluviométrique dans toutes les stations étudiées.

Les graphiques ci-dessous (fig.10, 11, 12, 13) montrent la fluctuation des précipitations en se basant sur la méthode d'écart à la moyenne.

Fig 10 : le régime pluviométrique interannuel à la station Oulad Ghanem P-P⁻

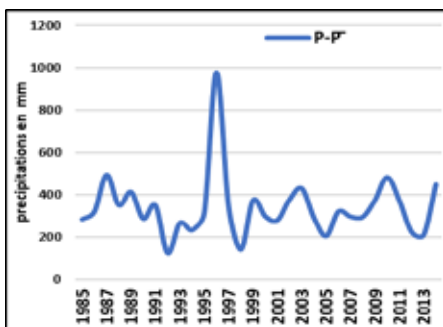
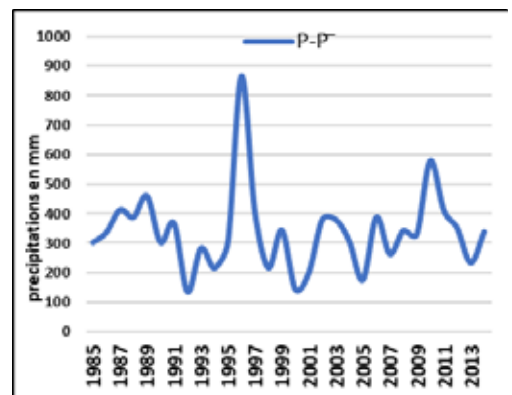


Fig 11 : le régime pluviométrique interannuel à la station My Abdellah P-P⁻



³ : Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé, OMM-N° 1090

Fig 12 : le régime pluviométrique interannuel à la station Oulad Omrane P-P⁻

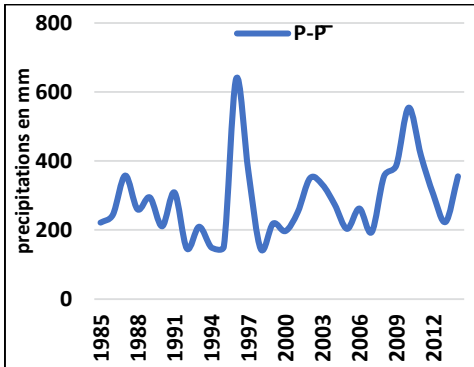
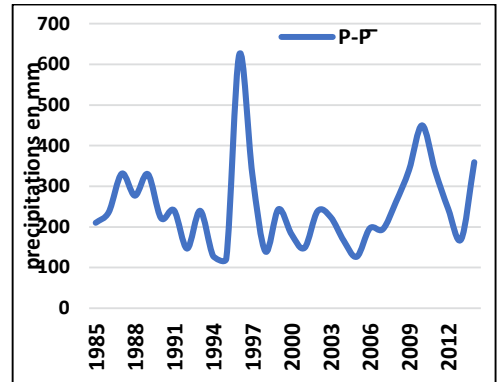


Fig 13 le régime pluviométrique interannuel à la station Sidi Bennour P-P⁻



Nous déduisons d'après les graphes que l'écart à la moyenne entre la valeur maximale et la valeur minimale des précipitations varie entre 493 ,3 mm à la station de Oulad Omrane et 852 ,7 mm à la station de Ouled Ghanem , ce qui indique qu'il y a de grandes disparités spatiales des pluies. Sans prendre en compte les valeurs des années extrêmes qui ont affecté cette étendue : des années pluvieuses , pendant lesquelles les précipitations enregistrées ont dépassé la moyenne annuelle , et certaines années sèches qui ont enregistré des précipitations inférieures à la moyenne.

Nous constatons à partir des données ci-dessous que le pourcentage des précipitations dépassant les moyennes annuelles se situe entre 231% à la station de Oulad Omrane et 288% à la station de Oulad Ghanem , ceci était en 1996 où les précipitations importantes ont été enregistrées au niveau de toutes les stations (fig.14 ,15 ,16 ,17).

Fig 14 : Pourcentage de différence par rapport à la moyenne annuelle à Ouled Ghanem

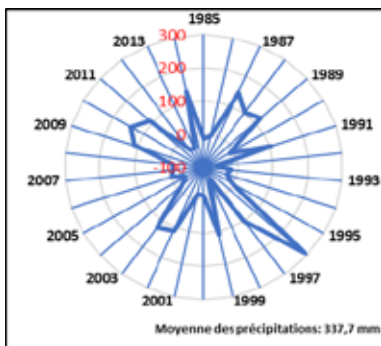


Fig 15 : Pourcentage de différence par rapport à la moyenne annuelle à My Abdellah

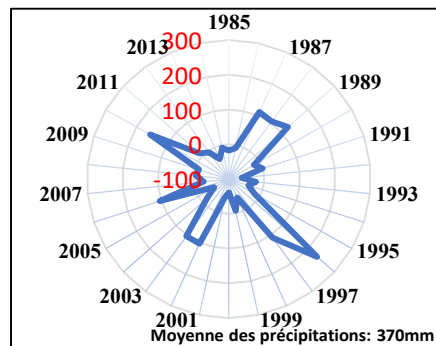


Fig 16 : Pourcentage de différence par rapport à la moyenne annuelle à Sidi Bennour

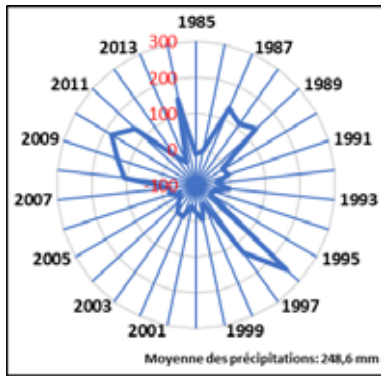
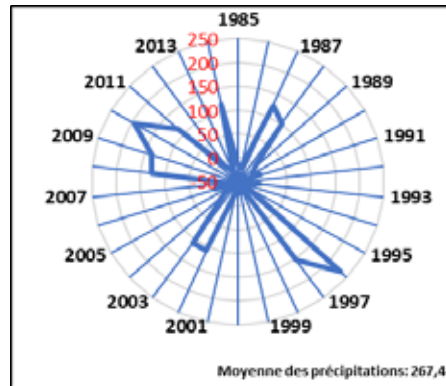


Fig 17 : Pourcentage de différence par rapport à la moyenne annuelle à Ouled Omrane



Cependant, le pourcentage des précipitations inférieur à la moyenne a été enregistré entre -44% à la station de Ouled Omrane et -63% à la station de My Abdellah en 1992 où il y avait eu une sécheresse au niveau de toutes les stations, ce qui indique la grande variabilité pluviométrique qui marque la zone d'étude.

Nous constatons à partir des données ci-dessus que le pourcentage des précipitations dépassant les moyennes annuelles se situe entre 231% dans la station de Oulad Omrane et 288% dans la station de Oulad Ghanem, ceci était en 1996 où des précipitations exceptionnelles ont été enregistrées au niveau de toutes les stations.

3.2 - Caractéristiques des périodes sèches et pluvieuses dans la zone d'étude

Nous constatons d'après les figures ci-dessous que :

- Les années sèches prédominent dans toutes les stations étudiées avec un intervalle allant de 13 à 19 années, c'est-à-dire entre 43% et 63% du total des années de la série étudiée.

Fig 18 : Evolution interannuelle des valeurs SPI dans la station de My Abdellah

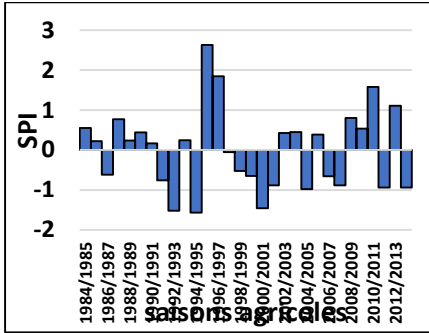


Fig 20 : Evolution interannuelle des valeurs SPI dans la station de Sidi Bennour

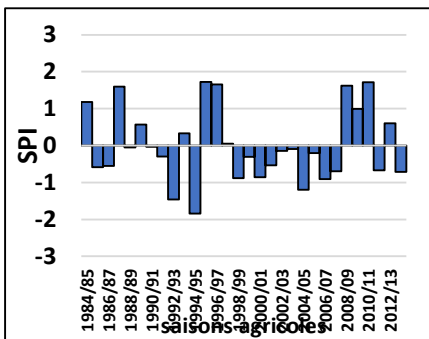


Fig 19 : Evolution interannuelle des valeurs SPI dans la station de Oulad Ghanem

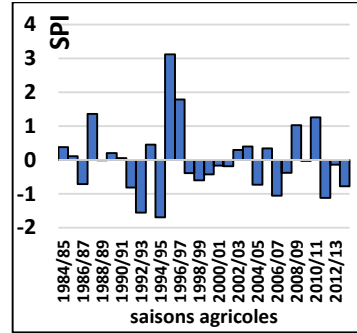
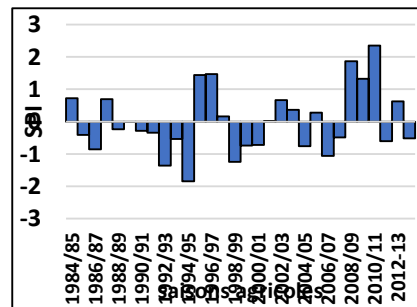


Fig 21 : Evolution interannuelle des valeurs SPI dans la station de Oulad Omrane



- L'étendue de la valeur de l'indice standardisé des précipitations pour les années sèches est plus importante que celle des années pluvieuses. Ce dernier a dépassé la valeur -1 et il a atteint -1,5 durant les saisons agricoles 1994-1995 et 1992-1993 et ceci dans toutes les stations.

- entre 50% et 61,5% du total des années pluvieuses, l'indice standardisé des précipitations n'a pas dépassé la valeur 0,5 à l'exception de la station Sidi Bennour qui a enregistré un pourcentage de 33% de cette valeur, cela nous permet de conclure que le déficit pluviométrique est plus dominant que l'excédent.

- La répartition annuelle des années sèches est caractérisée par une succession de deux à cinq années consécutives, ce qui indique que l'impact de la sécheresse est plus grave surtout dans les zones pluviales.

3.3- Tendance générale de la pluviométrie dans les stations d'étude

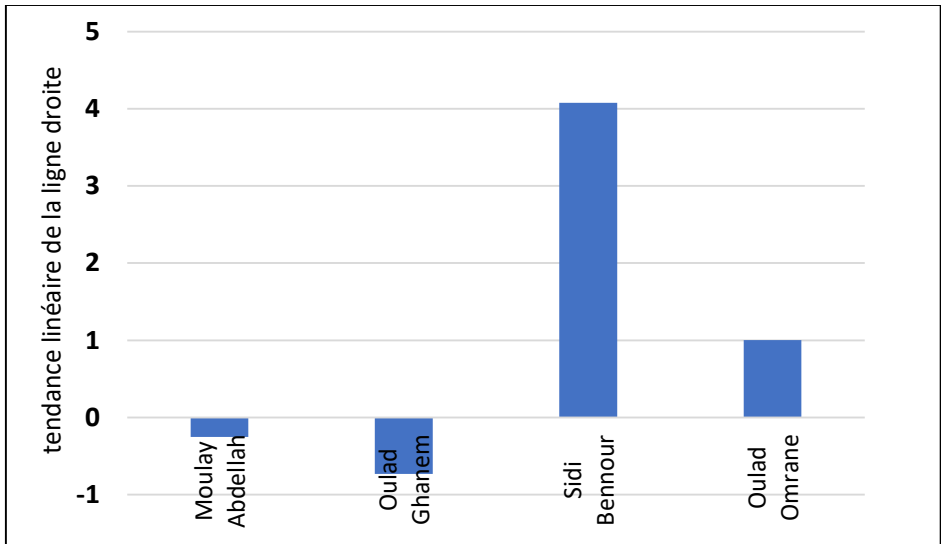
La tendance générale des précipitations dans les stations d'étude est généralement déterminée à l'aide de l'équation de la ligne droite (équation de la régression linéaire ($y = ax + b$) ou de la méthode dite des moindres carrés.

L'équation montre la tendance générale du taux d'augmentation ou de diminution de l'élément étudié (précipitations) au cours de la période concernée , et détermine dans quelle mesure les taux annuels de l'élément divergent ou convergent par rapport à la ligne de tendance générale (si le résultat de cette équation est négatif , la tendance générale est à la baisse , mais si le résultat est positif , la tendance générale est à la hausse).

Si la valeur de (**a**) est égale ou elle est proche de zéro , cela signifie qu'il n'y a pas de tendance générale spécifique , et que la série des pluies est stable et qu'il y a un équilibre entre les années pluvieuses et les années sèches.

Après application de l'équation , nous avons obtenu les résultats présentés dans la figure ci-dessous (fig 24).

Fig24 : tendance linéaire de la ligne droite des précipitations annuelles dans les stations d'étude :



- La tendance générale des précipitations est à la hausse à des degrés divers dans les stations intérieures.

- Les stations côtières ont enregistré une diminution de la tendance globale des précipitations.

Conclusion

L'analyse statistique pour étudier le régime pluviométrique a montré que ce dernier est caractérisé par une irrégularité spatio-temporelle ce qui nous permet de conclure qu'il n'existe pas une relation statistique discernable dans les séries pluviométriques étudiée.

Il y a une disparité dans les quantités des pluies entre les années humides et les années sèches avec une certaine variation des quantités de précipitations en fonction des caractéristiques naturelles de chaque station.

La tendance générale des précipitations augmente d'une manière inégale dans les stations internes « tandis que les stations côtières ont enregistré une tendance générale vers une diminution.

De plus « La succession des années sèches « qui étaient de deux à cinq années consécutives « prouve que l'impact de la sécheresse est plus élevé dans la zone étudiée « et donc présente des défis majeurs pour l'écosystème et la population locale. Pour cela il est crucial de mettre en place des stratégies d'adaptation pour atténuer les effets néfastes en adoptant une résilience pour faire face aux fluctuations et incertitude climatique.

References:

• **Boudiaf M.** « **Oufrid H.** (2021) *Actions anthropiques face à l'impact de la variabilité pluviométrique dans les espaces Bour à Doukkala.* Espace Géographique et Société Marocaine « N° 55. doi:<https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/EGSM/29488>

• **Cote. M** « **Legras. J** (1966) : « *La variabilité pluviométrique interannuelle au Maroc* » Revue de Géographie du Maroc « 10 « pp19-30.

• **Ekouele Mbaki** « **V.** « **Boukdir** « **A.** « **MENGA OKANDZA** « **P.** « **EL MAHBOUL** « **A.** « **HILALI** « **M.** « **& ZITOUNI** « **A.** (2016). Quantitative analysis of the water potential in the region of sahel Doukkala (Morocco). *Journal of Water Science & Environment Technologies* « 1(1). Retrieved from <https://revues.imist.ma/index.php/JOWSET/article/view/5644>

• **Khoms** « **K. E. N. Z. A.** « **Mahé** « **G.** « **Sinan** « **M.** « **& Snoussi** « **M.** (2013). Hydro-climatic variability in two Moroccan basins: Comparative analysis of temperature « rainfall and runoff regimes. *Climate and Land Surface Changes in Hydrology* « *Proceedings of the H* « 1 « 193-190.

• **Nouaceur Z. & Murărescu O.** (2016). Rainfall variability and trend analysis of annual rainfall in North Africa. *International Journal of Atmospheric Sciences*.

• **Balaghi R Bernard Tychon Herman Eerens Mohammed Jlibene** (2008) *Empirical regression models using NDVI rainfall and temperature data for the early prediction of wheat grain yields in Morocco* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Volume 10 Issue 4 Pages 438-452

• **Oufrid H.** (1995) Recherches sur les ambiances climatiques dans une region du maroc atlantique : approche genetique et fonctionnelle Thèse de Doctorat en climatologie université de Poitiers Poitiers tome 1 et 2 481p

• **Salhi A. Martin-Vide J. Benhamrouche A. Benabdelouahab S. Himi M. Benabdelouahab T. & Casas Ponsati A.** (2019). Rainfall distribution and trends of the daily precipitation concentration index in northern Morocco: a need for an adaptive environmental policy. *SN Applied Sciences* 1(3) 1-15.

• **Sebbar A.** (2013). *Etude de la variabilité et de l'évolution de la pluviométrie au Maroc (1935-2005): Réactualisation de la carte des précipitations*. [Thèse de Doctorat: BIOCLIMATOLOGIE]. Université Hassan II Mohammedia. 188p

• **Sebbar A. Badri W. Fougrach H. Hsain M & Saloui A.** (2011) - *Etude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935 – 2004)* Sécheresse Volume 22 pp. 139-148.

• **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* 12(2) 363–387. <https://doi.org/10.7202/705356ar>

• **Stour L. Agoumi A.** (2008) - *Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies* Hydroécologie appliquée Volume 16 pp. 215-232.