



Impact des changements climatiques sur la variabilité des précipitations dans un contexte Semi-aride : cas du bassin versant de l'Oued El Maleh. Maroc

Larbi BARHAZI

Ecole Supérieure d'Architecture de Casablanca (EAC), Morocco.

Rachida EL MORABET

Lades Lab, FLSH-M, University Hassan II de Casablanca, Mohammedia, Morocco

Ayoub CHERRAD

Laboratoire d'EAE, FLSH-Ain Chok, Université Hassan II de Casablanca, Morocco.

Nouhaila ROUDAH

Laboratoire d'EAE, FLSH-Ain Chok, Université Hassan II de Casablanca, Morocco.

Résumé

Les changements climatiques influencent profondément les conditions hydrologiques des bassins fluviaux, rendant cruciale l'analyse de la variabilité climatique sur de longues périodes. Cette démarche permet de mieux comprendre les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et l'apparition des périodes de sécheresse. Dans les régions semi-arides, la pluviométrie demeure le paramètre clé des études climatiques et hydrologiques. Dans nos régions (bassin versant oued El Maleh), les changements climatiques ont considérablement altéré les régimes pluviométriques et modifié l'évolution temporelle des précipitations, notamment ces dernières décennies. Les résultats de cette étude soulignent l'importance d'analyser les modèles de précipitations dans la zone d'étude afin de mieux planifier les ressources en eau, gérer les risques de catastrophes naturelles et soutenir les initiatives de développement régional. Cette compréhension des tendances et caractéristiques des précipitations permet d'atténuer les effets des événements météorologiques extrêmes et d'améliorer la résilience face aux changements climatiques.

Mots clés : *Changement climatique, Maroc, bassin versant d'oued El Maleh, Ressources en eau, précipitation, Cusum.*



Abstract

Climate change is having a profound influence on hydrological conditions in river basins, making it crucial to analyze hydro-climatic variability over long periods. This approach provides a better understanding of the impact of climate change on water resources and the onset of drought. In semi-arid regions, rainfall remains the key parameter in climatic and hydrological studies. In our region (Oued El Maleh watershed), climate change has considerably altered rainfall patterns and modified the temporal evolution of precipitation, particularly in recent decades. The results of this study underline the importance of analyzing precipitation patterns in the study area in order to better plan water resources, manage the risk of natural disasters and support regional development initiatives. This understanding of precipitation trends and characteristics will help mitigate the effects of extreme weather events and improve resilience in the face of climate change.

Keywords: Climate change, Morocco, Oued El Maleh watershed, Water resources, precipitation, Cusum.



INTRODUCTION

La variabilité des conditions climatiques est désormais l'une des préoccupations majeures dans le monde aussi bien pour les scientifiques que pour les pouvoirs politiques. Les effets des changements climatiques présentent l'un des principales préoccupations au monde entier [1]. Les précipitations représentent la majeure composante du climat et sont les plus concernées par la variabilité de leurs régimes aux échelles saisonnières annuelles et interannuelles [2]. Au Maroc, des analyses de la variabilité pluviométrique et ces impacts ont bien montré une tendance à la sécheresse [3], avec une influence remarquable sur le régime hydrologique des différents bassins versants marocains [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] y compris le bassin d'oued El Maleh. La rareté de l'eau est devenue une problématique urgente nécessitant des investissements immédiats.

Pour faire face à cette pénurie des ressources en eau, le Maroc et précisément l'Agence de Bassin Hydraulique de Bouragrag Chaouia (ABHBC) a très tôt donné une grande importance aux aménagements hydrauliques et à la mobilisation des ressources en eau. Les solutions d'aménagement des ressources en eau au niveau de cette agence (ABHBC), s'inscrivent dans le contexte économique et social du pays, pour la satisfaction des besoins en eau potable et industrielle exprimés à l'échelle du bassin El Maleh, caractérisé par la concentration importante de la population urbaine. Ainsi en 1933, l'état a procédé à la réalisation du premier barrage au niveau de ce bassin « barrage El Malleh » d'une capacité initiale de 18 Mm³ sur l'Oued portant le même nom [10].

L'objectif de ce travail dérive d'un constat simple : compte tenu de la variabilité du climat et des conséquences parfois dramatiques que celle-ci peut entraîner, l'évolution des ressources en eau au niveau de bassin versant d'Oued El Maleh est une question préoccupante, tant pour le développement économique (agriculture, énergie hydro-électrique) que pour le devenir des populations (santé, alimentation en eau potable, sécurité alimentaire). Il s'agit donc d'apporter une contribution hydro-climatique aux réflexions menées au sein de la communauté scientifique internationale, en termes de variabilité et d'instabilité du climat.

METHODOLOGIE

Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant d'oued EL Maleh, est l'un des plus importantes bassin Côtières marocaine avec une superficie de 3576 m², et sa situation géographique particulière au centre du Maroc, qui s'étend approximativement entre les villes de Mohammedia et Khouribga, dans les latitudes 33°00'' et 33°71'' Nord, et la longitudes 6°45'' et 6°55'' Ouest [12]. Le bassin occupe la sphère de concurrence dans les secteurs économiques pour l'exploitation des ressources naturelles, grâce à son importance économique au niveau de l'industrie, de l'agriculture et de l'hydrologie [13], il se caractérise par la grande superficie de ses terres agricoles et la concentration du port du pétrole et des industries au niveau de son aval et de



sa capacité hydrologique de 5 barrages, qui est un nombre important par rapport à sa superficie [10].

Le bassin versant de l'oued El Maleh, situé dans la meseta côtière centrale du Maroc, est influencé par plusieurs facteurs géographiques qui déterminent ses spécificités climatiques. Il est affecté par la proximité de l'océan Atlantique et l'effet orographique, qui a un rôle crucial. Le bassin est caractérisé par la présence des plaines, de plateaux, de collines et de vallées encaissées [14]. Ces éléments interagissent pour définir les caractéristiques climatiques, marquées par l'alternance entre deux grandes saisons :

- La saison humide (hivernale) de type tempéré océanique, la saison commence les mois d'octobre vers d'avril, les dépressions Atlantique apportent des précipitations grâce à l'influence océanique [14].
- Et la saison sèche :(estivale) de type chaud favorisant des conditions de la sécheresse, la saison commence les mois de mai vers septembre, et pendant cette période les conditions météorologiques sont stables sous l'influence de l'anticyclone des Açores [14].

Les principales données utilisées dans ce travail sont : la pluviométrie annuelle, Température et les débits liquides annuels mises à notre disposition par l'Agence du Bassin Hydraulique de Bouregrag et du Chaouia (ABHBC). De trois stations hydrométriques décrite dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

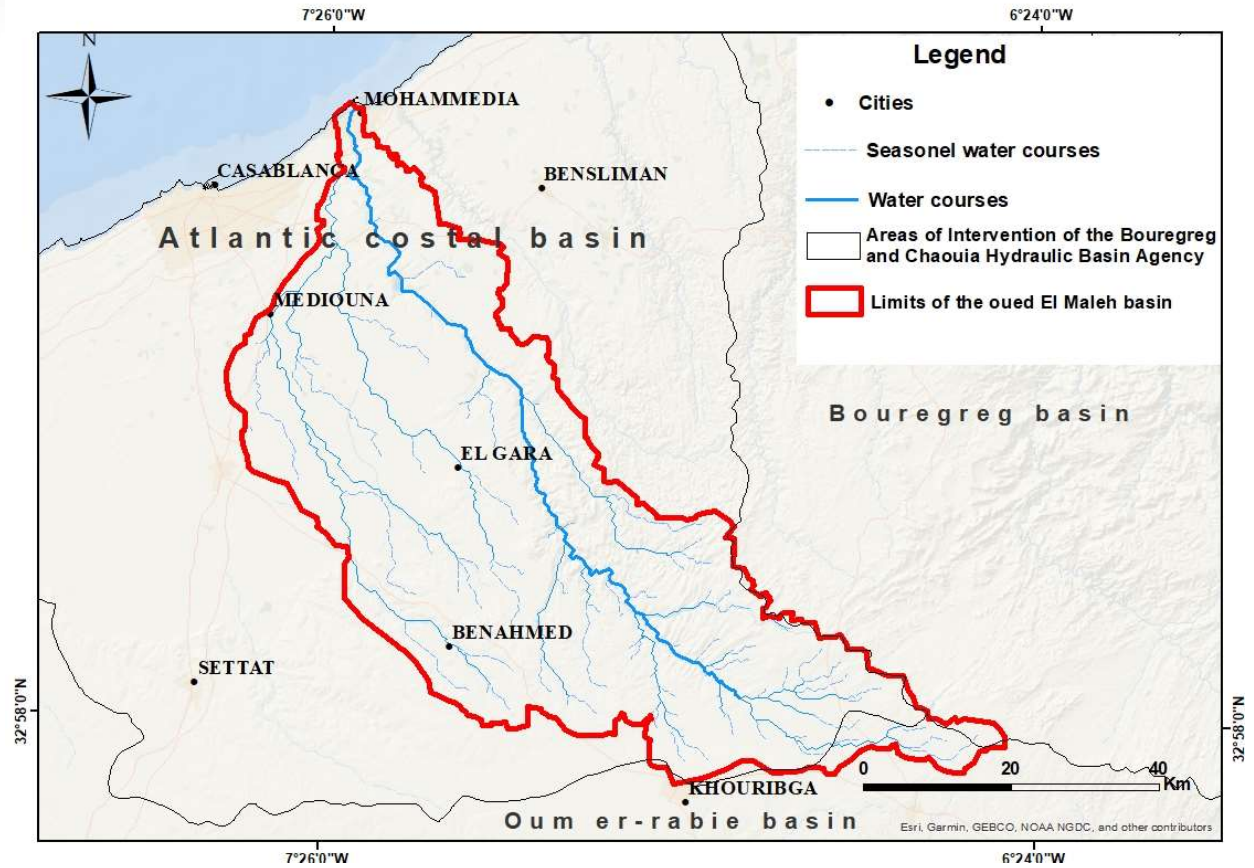


Figure 1: situation du bassin de l'Oued EL Maleh selon le domaine d'intervention de l'Agence du bassin hydrographique.

D'après le recensement de 2014, la densité moyenne au niveau des communes du bassin d'Oued EL Maleh est d'environ 2845 habitants par km². Ou la densité la plus élevée est enregistrée dans la province de Nouacer, avec 13759 habitants par km², tandis que la province de Benslimane, enregistre une densité de 289.44 habitants par km²[13].

Tableau 1: Characteristics of hydro-climatic stations in the Oued El Maleh watershed.

Statio n	Lanbert coordonites			Chroni cale	Parame tres	Sour ces
	Y	X	Z en (m)			
Oued El Maleh	33°50' 4N	7°33'4 W	1 20	2002 – 2023	P, Q, T	ABH BC
Ouled Mhamed	33°11' 8N.	7°4'9.8 8W	5 90		P, Q, T	



Tama	33°20'	7°09'9	3	
sna dam	5N	W	13	P, Q, T

Critique et homogénéité des données

Pour garantir la fiabilité et l'homogénéité des données pluviométriques enregistrées dans les trois stations, nous avons utilisé la méthode des doubles cumuls, qui consiste à comparer graphiquement les totaux des précipitations annuelles cumulées entre les couples de stations afin de détecter d'éventuelles anomalies dans une série de données [15]. En effet, sur un repère orthonormé, on porte en abscisse les totaux des précipitations annuelles cumulées de la station de référence X et en ordonnée les totaux des précipitations annuelles cumulées de la station Y à vérifier.

Pour évaluer l'homogénéité de la série, nous avons sur la méthode des CUSUM, qui est fondé sur le simple cumul qui met en relation les cumuls des données moyennes annuelles d'une station donnée en fonction des périodes qui leur correspondent. La méthode Cusum représente l'écart des cumuls des valeurs (Cj) avec la droite moyenne [16]. Le calcul du Cusum se fait à partir de la relation suivante :

$$Cjx = \pm S \left[\left(\frac{u \sqrt{N}}{4} \right) + \left(\frac{u^2}{2 \sqrt{2}} \right) + \left(\frac{u^3}{8 \sqrt{N}} \right) \right]$$

Avec, S : écart type, N : l'effectif, u : variable de Student (en général, on retient une probabilité de 95%).

L'approche fréquentielle a été utilisée pour compléter l'étude de la variabilité des précipitations aux différentes stations pluviométriques au cours de la période d'étude. Cette méthode permet l'analyse de l'occurrence des précipitations des années extrêmes ayant une probabilité déterminée afin de détecter les fréquences des précipitations et leurs temps de retour. L'étude fréquentielle passe de premier temps par l'arrangement des valeurs de précipitations par ordre croissant en donnant à chaque variable son rang dans la série. Ensuite, nous calculons la fréquence expérimentale des variables :

$$F = \frac{(r - 0.3)}{(N - 0.4)}$$

Avec : r : le rang de chaque valeur. N : l'effectif de l'échantillon.

Pour notre étude le test d'ajustement les précipitations aux différentes stations à l'échelle annuelle utiliser est celle de la loi Log-Normale. Pour calculer les modules fréquentiels, nous avons utilisé les résultats du calcul de la loi Log-Normale. L'ajustement statistique des précipitations selon la loi de Ln-Normal il permis de classer les années en groupes distincts selon leur degré de sécheresse ou d'humidité [17].



RESULTATS ET DISCUSSION

L'application de la méthode des doubles cumuls sur les résultats des trois stations pluviométriques étudiées (figure. 2), montre que les points des graphes sont bien groupés autour d'une ligne droite, et que le coefficient de détermination (R^2) obtenus de ces graphiques permettent de constater que les relations entre les valeurs des trois stations sont de bonne qualité. Ceci nous permet de dire qu'il existe une bonne relation linéaire entre les précipitations des trois stations et une bonne qualité de fonctionnement et d'éprouver la fiabilité des données pour la période d'étude, ainsi qu'une homogénéité des séries d'observation avec des valeurs de coefficient de corrélation R^2 proches de 1 pour l'ensemble des couples de station de mesures.

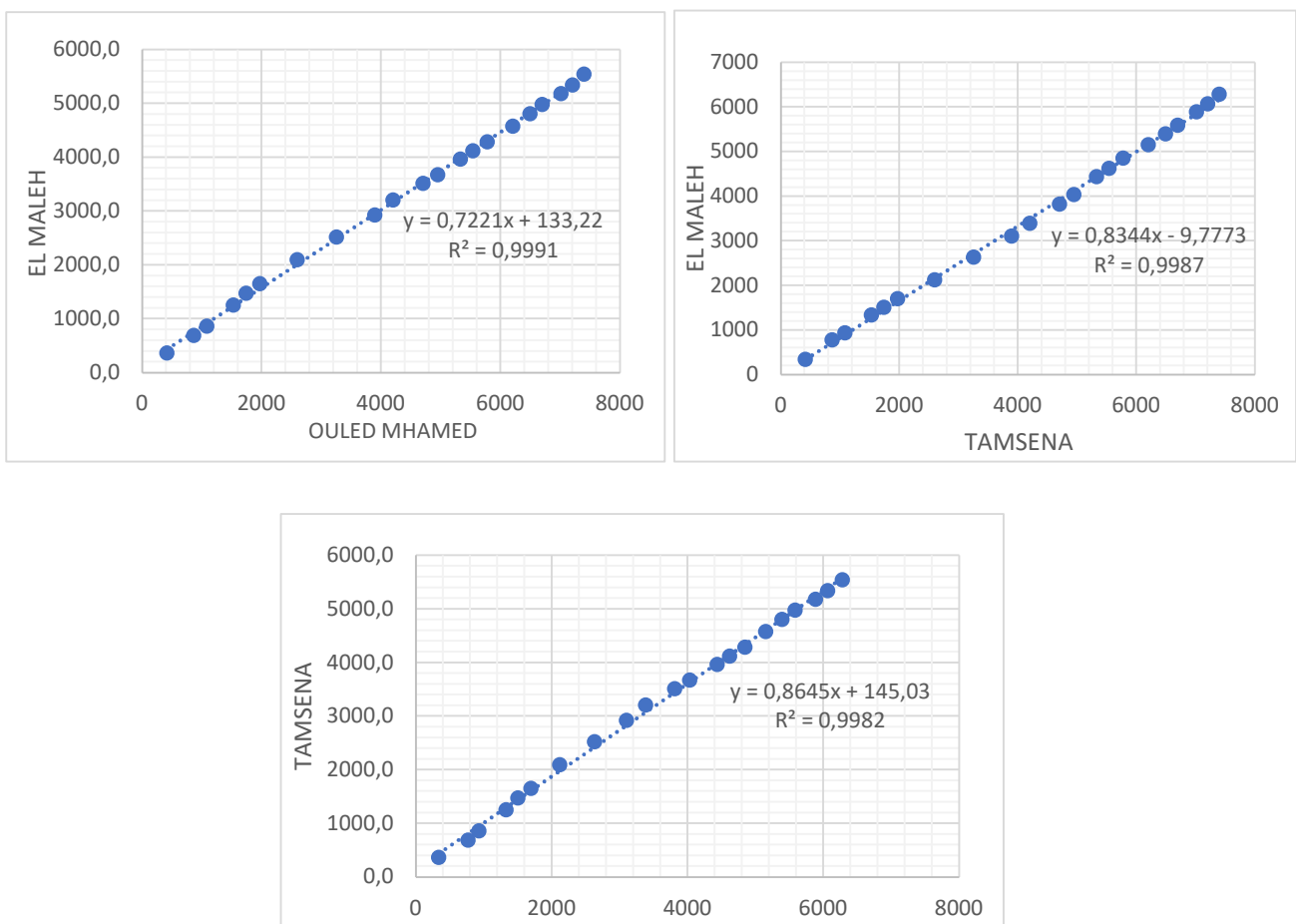


Figure 2: la corrélation entre les stations étudiée en utilise la méthode des doubles cumuls (2002-03/2022-23).

Les variations interannuelles de la pluviométrie au niveau des trois stations sur l'oued El Maleh sont mises en évidence par la méthode Cusum (Figure. 3, 4 et 5).

Les résultats de la méthode des CUSUM obtenu montrent que les précipitations moyennes annuelles présentent des cassures des segments de pente positives indiquant la tendance humide et des segments de pente négatives indiquant la tendance sèche. Cette irrégularité est aussi bien claire par les résultats de la



pluviosité et le déficit pluviométrique (figure. 6), qui montrent que 12 années sur 21 ou les trois stations, enregistrent des valeurs déficitaires en majorité inférieures à la moyenne. Ainsi, notons que la tendance générale des précipitations annuelles de l'ensemble des stations, est vers une séquence sèche. Les valeurs des rapports des précipitations des années extrêmes de la pluviosité varient entre 1.48 et 1.52 en années humides et entre 0.45 et 0.52 en années sèches. Ce qui montrent une irrégularité importante pour l'ensemble des stations. Cette variabilité se traduit aussi par le rapport entre les précipitations de l'année la plus humide de la série et les précipitations de l'année la plus sèche. Les valeurs varient entre 2.82 à la station Ouled Mohamed et 3.44 à la station EL Maleh.

Tableau 2 : Les valeurs extrêmes de la pluviométrie aux Stations étudiées (2002/03-2022-23).

Station	EL MALEH	ULED MHAMED	TAMSENA
Année humide	2009/10	2008/09	2009/10
Valeur	654,3	440,1	509,6
Année seche	2021/22	2015/16	2004/05
Valeur	190	156,0	159,7
Moyenne	422,15	298,1	334,7
Humide/moyenne	1,55	1,48	1,52
Seche/moyenne	0,45	0,52	0,48
Humide/seche	3,44	2,82	3,19

Les résultats de la méthode CUSUM, confirment la forte irrégularité interannuelle des précipitations moyennes annuelles au cours de la série étudiée dans l'ensemble des stations pluviométriques, qui est marquée par une alternance des années sèches et d'années humides ainsi que la tendance générale de la série vers une séquence sèche qui est caractérisée par une diminution des précipitations à des années déficitaires.

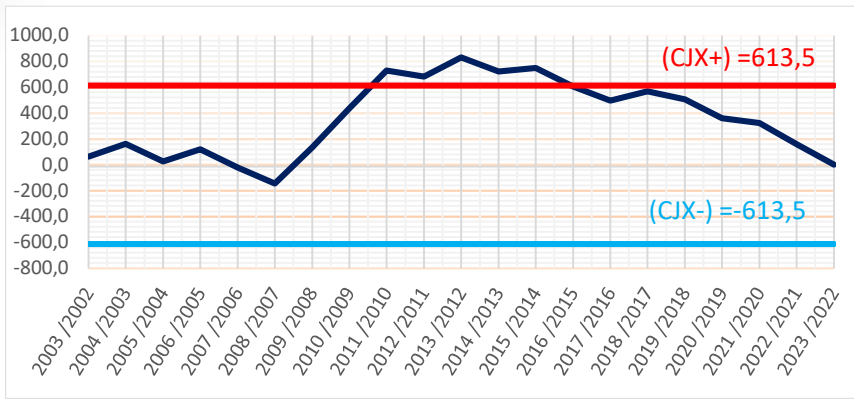


Figure 3: CUSUM précipitations : station El Maleh (2002-03/2022-23).

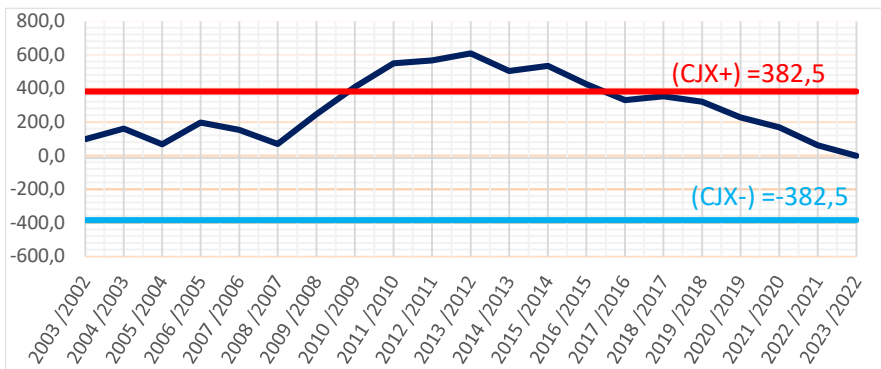


Figure 4: CUSUM Précipitations : Station OULED MHAMED (2002-03/2022-23).

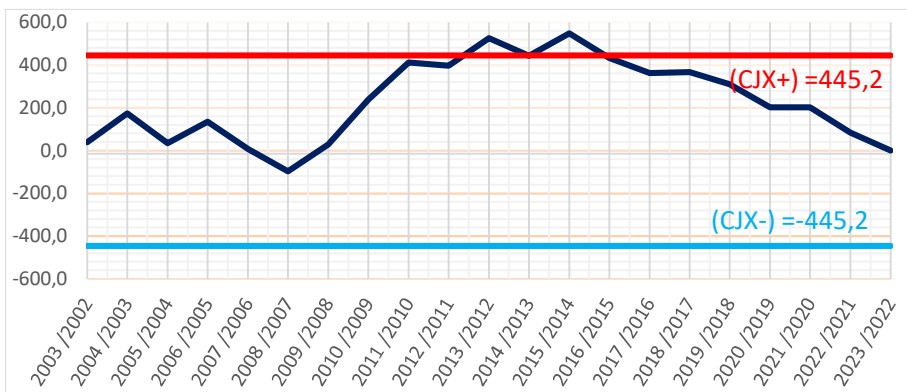


Figure 5: Pluviosité station TAMSENA (2002-03/2022-23).

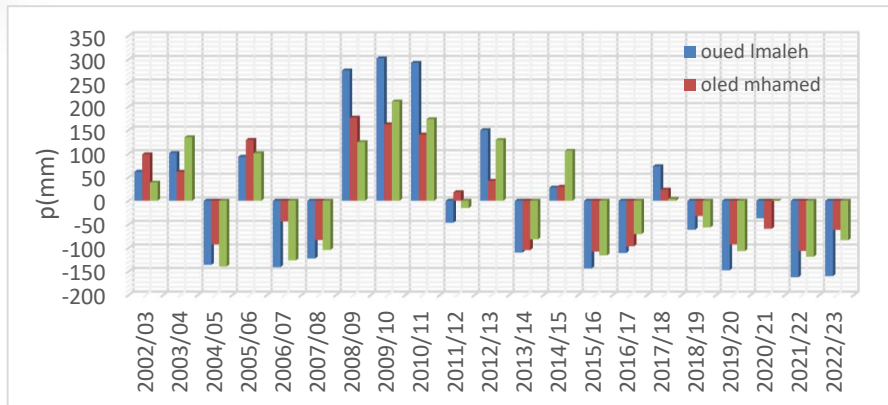


Figure 6: Déficit Pluviométrique des station (2002/03-2022/23).

L'ajustement statistique des précipitations de la station El Maleh selon la loi Ln-Normale a donné lieu au lâcher de quartes groupes (figure. 7) : Le premier groupe comprend 9 années de sécheresse extrême (2021/22), (2022/23), (2019/20), (2015/16), (2006/07), (2004/05), (2007/08), (2016/2017), (2013/14) caractérisées par des précipitations très faible, comprises entre 190mm et 242 mm. Le deuxième groupe comprend 3 années de sécheresse Les années (2018/19), (2011/12) (2020/21) qui ont enregistré des précipitations modérées, proches de la moyenne, comprises entre 290 mm et 314 mm. Le troisième groupe comprend 6 années de tendance vers l'humidité. (2014 /15) (2002 /03), (2017 /18), (2005 /06), (2003 /04), (2012 /13) qui ont caractérisée par des précipitations importantes comprises entre 380mm et 502mm. Et le quatrième groupe comprend 3 (2008 /09), (2010 /11), (2009 /10) connues pour une humidité excessive, avec des précipitations importantes comprises entre 628mm et 654mm.

Pour la station d'Ouled Mhamed, L'ajustement statistique des précipitations selon la loi Ln-Normale a donné lieu au lâcher de cinq groups (figure. 8). Le premier groupe comprend 7 années de sécheresse extrême (2015/16), (2021/22) (2013/14), (2016/17), (2016/17), (2019/20), (2004/05), (2007/08) avec des précipitations très faibles, comprises entre 156 mm et 180mm. Le deuxième groupe comprend 4 années de sécheresse, les années (2022/23), (2020/21), (2006/07), (2018/19), ont été caractérisées par des faibles précipitations, varient entre 202mm et 231mm. Le troisième groupe comprend 5 années qui ont enregistré des précipitations modérées, proches de la moyenne, (2011 /12), (2017 /18), (2014 /15) (2012 /13), (2003 /04) ces précipitations varient entre 281,80 mm et 325mm. Le quatrième groupe comprend 3 années de tendance vers l'humidité ((2003 /04), (2002 /03), (2005 /06), (2010 /11)) avec des précipitations importantes comprises entre 325mm et 403 mm. Pour le cinquième groupe, comprend 2 années d'humidité excessive, (2009 /10), (2008 /09) avec des précipitations importantes comprises entre 425mm et 440 mm.

L'ajustement statistique des précipitations pour la station de Tamesna selon la loi Ln-Normale a donné lieu au lâcher de cinq groups (figure. 9). Le premier groupe comprend 7 années de sécheresse extrême (2004/05), (2006/07)

(2021/22), (2015/16), (2019/20), (2007/08) avec des précipitations très faibles, comprises entre 159 mm et 194 mm. Le deuxième groupe comprend 4 années de sécheresse. Les années (2022/23), (2013/14), (2016/17), (2018/19), qui se caractérisées par des faibles précipitations, qui comprises entre 214 mm et 242 mm. Le troisième groupe comprend 4 années qui ont enregistré des précipitations modérées, proches de la moyenne, (2011 /12), (2020/21), (2017 /18), (2003 /04) comprises entre 283 mm et 337 mm. Le quatrième groupe comprend 5 années de tendance vers l'humidité. (2014/15), (2005 /06), (2008/09), (2012 /13), (2003/04) avec des précipitations importantes comprises entre 400 mm et 433 mm. Le cinquième groupe comprend 2 années connues pour une humidité excessive, (2010/11), (2009/10) avec des précipitations importantes varie entre 425 mm et 440 mm.

Ces ajustements nous permettent d'estimer les précipitations annuelles à différentes fréquences (1/2, 1/5 et 1/10), mettant en évidence des tendances vers des années sèches ou humides. Ces données sont nécessaires pour mettre aux changements climatiques, et garantir une bonne gestion des ressources en eau et s'adapter aux changements environnementaux.

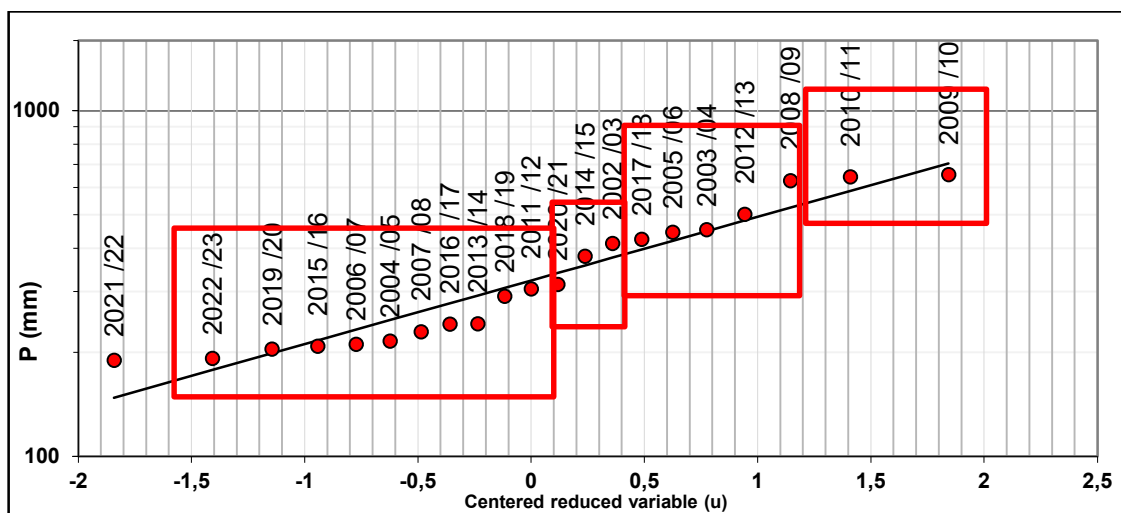


Figure 7: Ajustement des Précipitations à la loi Log Normale, station EL MALEH (2002-03/2022-23).

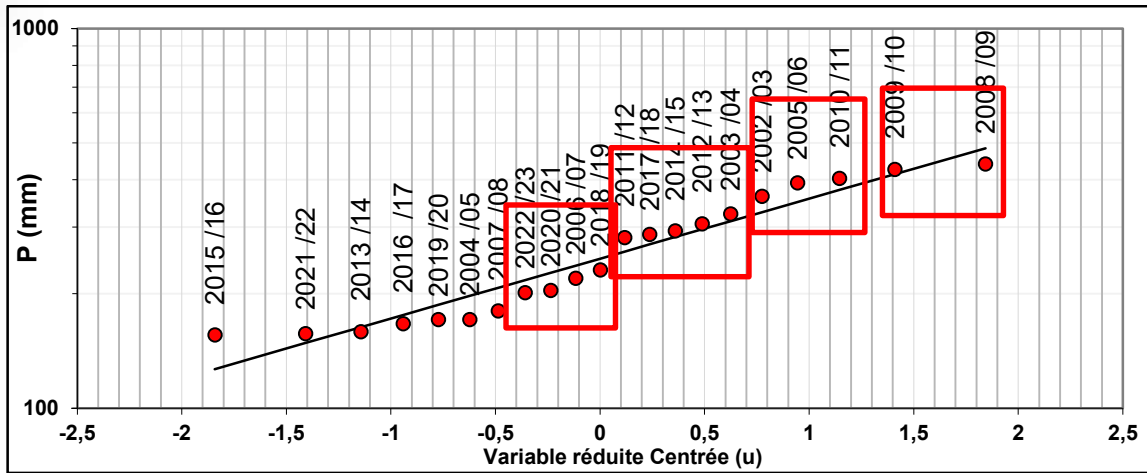


Figure 8: Ajustement des Précipitations à la loi Log Normale, station OULED MHAMED (2002-03/2022-23).

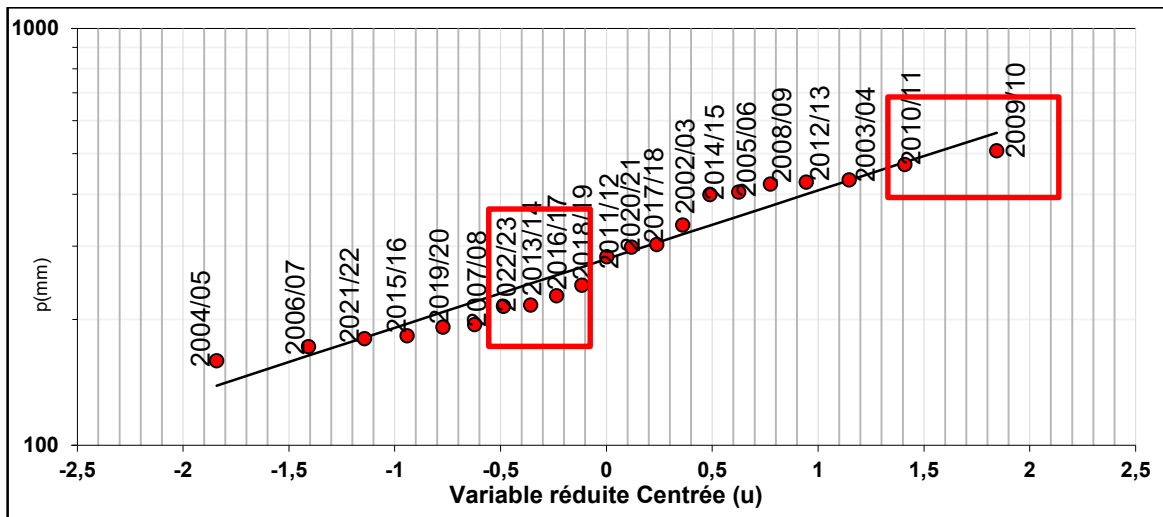


Figure 9: Ajustement des Précipitations à la loi Log Normale, station TAMSENA (2002-03/2022-23).

Le tableau 7, montre que la station Oued El Maleh présente des précipitations moyennes annuelles les plus élevées (352,2 mm), par contre la station Ouled Mhamed enregistre la plus basse (263,75 mm), Ces variations suggèrent des conditions climatiques distinctes dans chaque région et de la spatialisation[18]. Les analyses de retour fréquent montrent que les précipitations ont un taux de 135,2 mm dans Oued el Maleh qui se produisent en moyenne tous les 50 ans, tandis qu'à Ouled Mhamed, les précipitations tombent à un taux de 155,3 mm tous les 10 ans. Pendant les années pluvieuses, la station El Maleh peut connaître

Station	Moyenne	Année sèche				Fréquences/durée de retour	Année humide				Année la plus humide			Année la plus sèche			
		0,02/50an	0,05/20an	0,1/10ans	0,2/5an		0,8/5 ans	0,9/10an	0,95/20an	0,98/50an	Année	P mm	Fréquence	Durée de retour	Année	P mm	Fréquence
Oued EL	352,2	135,2	155,3	188,2	247,5	50	10	20	50	2009/10	509,6	3	18ans	2004/05	159,7	0,075	15ans
AT	299,23	95,2	122,4	147,0	180,8	5	454,3	560,1	608,8	2008-2009	440,1	0,934	18ans	2015-2016	156,1	0,095	11ans
OULED MHAMED	263,75	117,3	136,1	155,3	188,2	2	394,6	450,3	522,5								

Tableau 3: durée de retour des précipitations pour les trois stations d'hydrométrie de bassin versant d'oued El Maleh (2002-03/2022-23).



des précipitations de 770 mm tous les 50 ans, et juste 394,6 mm au niveau de la même station tous les 10 ans. Les changements annuels des précipitations, comme une année particulièrement humide 2022/23 (654,3 mm ouled el-Maleh) et un séchage 2002/03 (190 mm), soulignent l'importance de ces données pour la gestion des ressources en eau et la préparation aux événements météorologiques extrêmes [19]. Ces renseignements sont nécessaires pour améliorer la capacité régionale de s'attaquer aux changements climatiques.

Ces données mettent en évidence l'importance de comprendre les modèles des précipitations au niveau de bassin versant d'oued El Maleh pour une gestion rationnelle des ressources en eau, la gestion des risques et d'autres initiatives de développement régional. En identifiant les tendances et les caractéristiques des précipitations, les décideurs peuvent prendre des mesures pour atténuer les effets des événements météorologiques extrêmes et améliorer la résilience aux changements climatiques.



CONCLUSION

L'objectif de cet article est d'examiner l'existence d'une variabilité climatique dans le bassin de l'oued El Maleh et de montrer son impact sur le cours d'eau. La méthode de Cusum et d'autres approches statistiques ont été appliquées aux données de pluies des stations pluviométriques et hydrométriques de la zone d'étude. Ceci nous a permis d'identifier des périodes pluviométriques humides, normales et sèches humides, ce qui entraîne des répercussions considérables sur les écoulements de surface de l'Oued El Maleh.

Les résultats de cette étude fournissent une base de données précieuse pour évaluer la vulnérabilité liée à la variabilité climatique et ses impacts sur les régimes hydrologiques des cours d'eau de bassin de l'Oued El Maleh. Dans ce contexte, il est essentiel d'améliorer et de renforcer les systèmes de surveillance aux différentes stations de bassin, afin de mieux caractériser l'évolution du climat et de contribuer à une adaptation efficace aux effets potentiellement néfastes des changements climatiques sur les paramètres hydro-climatique de bassin versant.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. El Ghachi, “Hydrometric Monitoring of the Aghebalou N’Kardous Spring: Addressing Water Scarcity Challenges in the Context of Climate Change (Rheris, Southeast Morocco),” 2024, doi: 10.6084/m9.figshare.25599726.
- [2] B. Y. B. Eudes, H. Souad, and P. Jean-Luc, “Analyse De La Variabilite Hydroclimatique Et Impacts Des Barrages Sur Le Regime Hydrologique D’une Riviere De Zone Semi-Aride : Le Sebou Au Maroc,” *European Scientific Journal, ESJ*, vol. 13, no. 5, p. 509, Feb. 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n5p509.
- [3] Y. Trambly, D. Ruelland, R. Bouaicha, and E. Servat, “Projected climate change impacts on water resources in northern Morocco with an ensemble of regional climate models,” IAHS Publ, 2014.
- [4] M. El Ghachi, “Hydrometric Monitoring of the Aghebalou N’Kardous Spring: Addressing Water Scarcity Challenges in the Context of Climate Change (Rheris, Southeast Morocco),” 2024, doi: 10.6084/m9.figshare.25599726.
- [5] M. Chakir, O. Ghabane, and M. El Ghachi, “Caractérisation du régime d’étéage à l’échelle journalière dans un contexte Semi-aride : cas du bassin versant de la Tassaout Amont du barrage Moulay Youssef (Maroc),” vol. 1, no. 3, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7933433.
- [6] E. Layati, N. Lahlou, O. Elkbichi, and M. El Ghachi, “Climatic and hydrological variability in the Oued Lakhdar watershed (Central High Atlas, Morocco),” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1398, no. 1, p. 012013, Oct. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1398/1/012013.
- [7] G. Omar, M. El Ghachi, O. Ghabane, and M. Chakir, “Étude de la variabilité climatique et de ses impacts sur le régime hydrologique de l’Oued Srou, affluent de rive gauche de l’Oued Oum Er Rbia,” 2021. [Online]. Available: <http://www.afriquescience.net>
- [8] B. Aissam, Y. Ztait, M. Sidi, M. Ben, C. Khalid, and S. M. Ben, *LA VARIABILITE HYDRO-CLIMATIQUE ET LEURS IMPACTS SUR LE SYSTEME HYDROLOGIQUE DU MOYEN SEBOU (PRE-RIF)-MAROC*. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372808231>
- [9] A. Bardin, “Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne,” 2004.
- [10] ABHBC, “Le plan directeur d’aménagement integre des ressources en eau du bassin hydraulique du Bouregrag et de la Chaouia,” 2012.
- [11] I. Ouchouia and A. Chaouki, “De la variabilité climatique au changement du régime hydrologique dans le bassin de l’oued Ouzoud/ Haut Atlas Central/ Maroc.” [Online]. Available: <https://hal.science/hal-03581861v1>
- [12] A. Serghini, A. Elabidi, S. Elblidi, and M. Fekhaoui, “Typologie spatio-temporelle et fonctionnement hydrologique du complexe de zones humides



de Mohammedia (Maroc),” *Bulletin de l’Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 2013, n° 35, 61-65., vol. 35, pp. 61–65, 2013, [Online]. Available: [http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/01/09-%20Serghini%20et%20al.%20\(61-65\).pdf](http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/01/09-%20Serghini%20et%20al.%20(61-65).pdf)

[13] HCP, “MONOGRAPHIE DE LA REGION DU GRAND CASABLANCA 2005.” 2005.

[14] Barhazi Larbi, “La qualité des eaux au niveau de la préfecture de Mohammedia et son impact sur la santé Humaine,” Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Mohammedia. Université Hassan II. Casablanca, 2022.

[15] Dubreuil and Pierre, “Initiation à l’analyse hydrologique (dix exercices suivis des corrigés),” 1974.

[16] G. Omar and M. El Ghachi, “Impact des changements climatiques sur la variation des débits d’étiages dans les bassins montagnards : cas du bassin versant de l.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/376140237>

[17] R. ABABOU, *HYDROLOGIE STATISTIQUE*. l’INP-ENSEEIH (Toulouse), Département de Formation «Hydraulique & Mécanique des Fluides», 2007.

[18] P. B. Bobée, “Extreme flood events valuation using frequency analysis : A critical review,” *Houille Blanche*, vol. 54, no. 7–8, pp. 100–105, 1999, doi: 10.1051/lhb/1999090.

[19] A. M. Kouassi, R. A. K. Nassa, K. B. Yao, K. F. Kouame, and J. Biemi, “Statistical modelling of maximum annual rainfall in the abidjan district (Southern Ivory coast),” *Revue des Sciences de l’Eau*, vol. 31, no. 2, pp. 147–160, 2018, doi: 10.7202/1051697ar.