



Analyse statistique de la variabilité climatique et de ses impacts sur les dynamiques hydrologiques :

Application au bilan hydrique du bassin versant de l'Oued El Maleh (Maroc)

CHERRAD AYOUB 1 / ROUDAH NOUHAILA 1

KAIY NAIMA 2 / MOSTAFA OUADRIM 1

1- LADES Lab, FLSH- Mohammedia, Université Hassan II de Casablanca, Morocco

2- LADES Lab, FLSH- Ain Chock ,Université Hassan II de Casablanca,
Morocco

Résumé :

Le bassin versant d'Oued El Maleh, situé dans le centre-ouest du Maroc, les ressources hydriques de cette unité morphologique représentent un apport pour l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable. Son climat semi-aride est caractérisé par une variabilité interannuelle avec l'alternance des années sèches et humides ce qui influence la disponibilité en eau dans le bassin. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la variabilité climatique sur les eaux de surface du bassin versant El Maleh dans une durée de 20 ans (2002-03 à 2022-23). Les résultats de cette étude montrent que le bassin subit des variations climatiques et hydrologiques, avec une tendance vers la sécheresse. Cette dernière influence directement sur la disponibilité des eaux et de la dégradation de leur qualité, vu sa vulnérabilité du bassin aux phénomènes climatique extrêmes.

**Abstract:**

The Oued El Maleh watershed, located in central-western Morocco, provides water resources for irrigation and drinking water supply. Its semi-arid climate is characterized by interannual variability, with alternating dry and wet years, which influences water availability in the basin. The objective of this study is to assess the impact of climate variability on surface water in the El Maleh watershed over a 20-year period (2002–03 to 2022–23). The results of this study show that the basin is subject to climatic and hydrological variations, with a trend towards drought. The latter has a direct impact on water availability and quality degradation, given the basin's vulnerability to extreme weather events.



INTRODUCTION

La gestion des ressources en eau dans un contexte des changements climatiques est un défi inquiétant pour les scientifiques et l'ordonnateur politiques en raison de l'essentialité de l'eau pour l'existence humaine et leur activité agricole et industrielle, notamment dans les zones arides et semi-arides qui sont caractérisées par la vulnérabilité inhérente et la rareté des ressources en eaux.

Les bassins versants, comme des sources primordiales d'eau, illustrent l'impact des changements climatiques, car ils sont des zones de polarisation pour la population, équivalant automatiquement à une concentration économique. Le Maroc comme un pays en développement, ces ressources d'eau se mettent sous pression surtout pour les bassins côtiers atlantiques, car la population du littoral atlantique s'est multipliée de 2.6 (de 6.0 en 1972 à 15.5 en 2014) **[Sbaïlabri 2005]**. Ce développement des grandes agglomérations urbaines affecte la culture qui a été changée d'une culture jachère à une culture maraîchère qui repose principalement sur l'eau d'irrigation.

Les ressources en eaux marocaine superficielles et souterraines sont estimées de 22 milliards de m³, dont 18 milliards de m³ d'eaux superficielles. Ces ressources confrontées au défi de l'augmentation de la demande en eau, l'impact des changements climatiques (l'abondance des périodes sèches...) **[El Hafid Idriss 2021]**, la diminution des stocks. Ces factures ont provoqué une pression accrue sur les ressources d'eau au niveau national, et précisément sur les ressources d'eau du bassin versant de l'Oued El Maleh.

L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact des changements climatiques sur le régime hydrologie de bassin de l'oued Maleh montrent comment réagit le système d'écoulement sous les différentes circonstances (sécheresse, pénurie précédente.....). Tandis que d'évaluer la valeur des ressources en eau en tenant compte des intérêts économiques et sociaux des populations pour garantir la durabilité des ressources en eau dans ce bassin.



METHODOLOGIE

Présentation de la zone d'étude :

Le bassin versant de l'oued El Maleh se situe au niveau de la région centre de pays au Nord-Est de Casablanca et plus précisément s'étend approximativement entre les villes de Mohammedia et Khouribga, dans les altitudes $33^{\circ}00'$ et $33^{\circ}71'$ Nord, et la longitudes $6^{\circ}45'$ et $6^{\circ}55'$ ouest avec une superficie de 3576 km^2 et d'une forme longitudinale [ABHBC 2022].

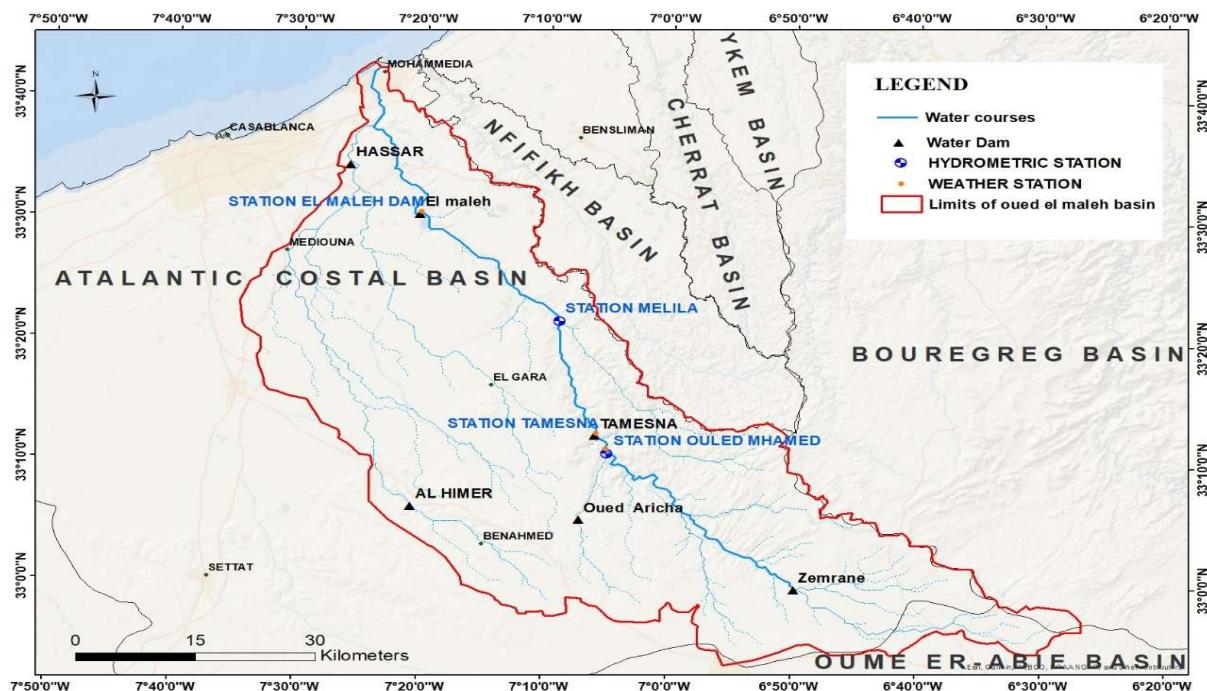
Géographiquement, il est bordé par le bassin de Nefifikh au Nord et par le bassin de l'atlantique et chaouia au Sud. Administrativement, il couvre les régions de Casablanca Settat (77.42%) compte 36 communes et la région du Béni Mellal khénifra (22.59%) compte 12 communes.

Climatiquement, le bassin d'oued el Maleh, est marqué par une variabilité interannuelle des précipitations et l'alternance de deux saisons, un hiver tempéré de type océanique (octobre – avril) et un été chaud et sec (mai – septembre). En plus, la stabilité de l'anticyclone des Açores pendant une longue période de l'année dans l'océan Atlantique [SALOUI A 2008]. Spatialement, le bassin versant Oued El Maleh s'étend sur trois unités morpho structurelles principales : le Plateau Central, le Plateau de la Chaouia et le Plateau de Phosphates [BAUDET.G 1969], ce qui crée une répartition spatiale différente des précipitations annuelles sous l'influence de deux facteurs géographiques majeurs : l'effet orographique et le facteur de continentalité [ABHBC 2022].



Au plan hydrologique, plusieurs cours d'eau se réunissent dans les régions orientales de la ville de Khouribga pour former le principal affluent du bassin versant de l'Oued EL Maleh. Ce cours d'eau s'unit également à l'Oued Zemrane, alimenté par plusieurs petits ruisseaux et ravins des deux côtés, incluant l'Oued Kotlete laariche, l'Oued Bsate El Arab et l'Oued Aaricha. Par la suite, il prend le nom d'Oued Zemra avant de confluer avec l'Oued Atash pour donner naissance à l'Oued EL Maleh [Zerhouni 1982]. Dans ce travail, nous analysons : la pluviométrie annuelle, la température, l'évapotranspiration et les débits. Les données climatologiques et hydrométriques ont été fournies par l'agence du bassin hydraulique de Bouregreg et du Chaoui (ABHBC). Ces données concernent les stations el Maleh, Melilla, Ouled Mhamed, et Tamesna dans une durée de 20 ans (2002-03/2022-23).

Figure 1: situation du bassin de l'Oued EL Maleh selon le domaine



d'intervention de l'Agence du bassin hydraulique de Bouregreg Chaouia (ABHBC).

Selon les données du recensement de 2014, la population du bassin d'Oued Elmaleh atteint 1 133 136 habitants/km², avec une densité de 2845 habitants par km². La densité la plus élevée au bassin a été enregistrée à la province de Nouaceur



avec 13759 habitants au kilomètre carré, tandis que la province de Benslimane est la moins dense avec 289,44 habitants au kilomètre carré [HCP, 2020].

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

Station	Lambert coordonnées			Chronique	Paramètres	Sources
	Y	X	Z en (m)			
Oued El Maleh	33°50'4N	7°33'4W	120	2002 – 2023	P, T	ABHBC
Ouled Mhamed	33°11'8N	7°4'9.88W	590		P, Q, T	
Tamesna	33°20'5N	7°09'9W	313		P, T	
Melilla	33°22'2N	07°09'3W	189		Q, T	

Critique et homogénéité des données :

Pour examiner la fiabilité et l'homogénéité des données pluviométriques et hydrologiques enregistrées aux différentes stations, nous avons utilisé la méthode des doubles cumuls [**P. Dubreuil 1974**], qui consiste à comparer graphiquement les totaux des précipitations annuelles cumulées entre les couples des stations pluviométriques et les totaux des débits annuels cumulés entre les couples de stations hydrométrique, afin de déduire l'éventuelles anomalies d'une série des données. En effet, sur un repère orthonormé, on porte en abscisse les totaux des précipitations ou débits annuels cumulés de la station de référence X, et en ordonnée les totaux des précipitations ou des débits annuels cumulés de la station Y à vérifier.

La méthode des CUSUM : permet d'identifier les tendances des données de la série en années sèches ou humides. Cette méthode a été utilisée pour analyser les moyennes annuelles des précipitations aux différentes stations pluviométriques au cours de la période étude. Le calcul du Cusum se fait à partir de l'équation 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%).

La pluviosité : nous permet de quantifier la variabilité interannuelle des précipitations, qui se basent sur le rapport des précipitations moyennes annuelles lors d'une année déterminée à la moyenne globale calculée pour la période étudier

Hydraulcité : nous permet de quantifier la variabilité interannuelle de l'écoulement, qui se base sur le rapport du débit moyen annuel lors d'une année déterminée au module global calculé pour la période étudier.

L'étude fréquentielle : nous, permettant d'évaluer la variabilité hydrologique et pluviométrique et d'anticiper les événements extrêmes.

Cette approche repose sur l'examen des occurrences des valeurs hydrologiques et pluviométrique au fil du temps, permettant ainsi d'estimer les fréquences de dépassement et les périodes de retour associées aux événements rares tels que les crues et les sécheresses. Ainsi, l'étude fréquentielle constitue un levier méthodologique essentiel pour la compréhension et la gestion des ressources d'eau.

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

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

Pour déterminer les modules fréquentiels des précipitations et débits, nous avons appliqué la loi Log-Normale aux résultats de calcul. L'ajustement statistique des précipitations et débits selon la loi Ln-Normale a facilité le classement des années en se basant sur leur niveau de sécheresse ou d'humidité. [Lhlou nadia 2017]



RESULTATS ET DISCUSSION

Analyses pluviométriques :

En appliquant la méthode des doubles cumuls [P. Dubreuil 1974], les graphes (figure 2) montrent que les points sont bien regroupés autour d'une ligne droite, ce qui indique une bonne relation linéaire entre les précipitations des trois stations. Le coefficient de détermination (R^2) confirme la qualité des relations entre les valeurs

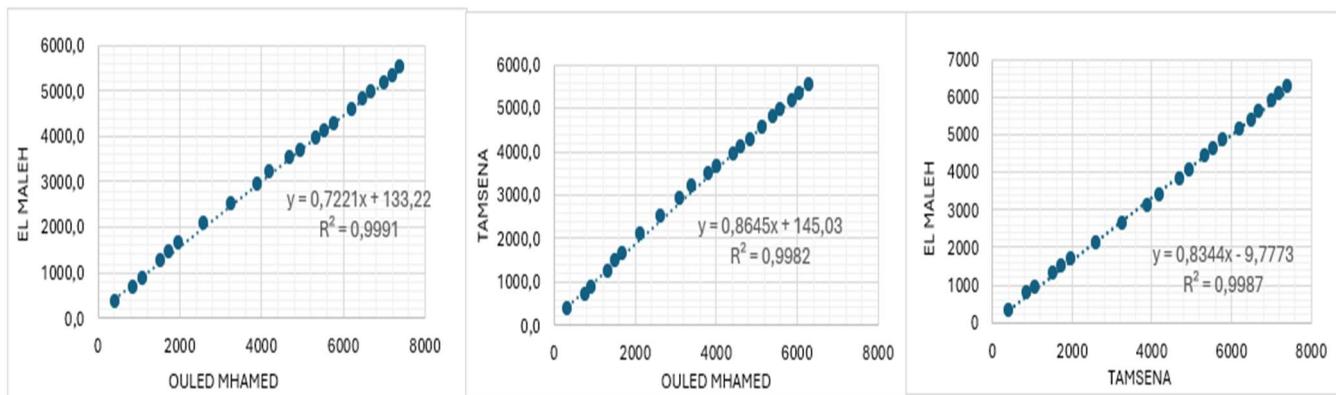


Figure 2: la corrélation entre les stations étudiée en utilisant la méthode des doubles cumuls (2002-03/2022-23)

des stations, attestant de la fiabilité des données et de l'homogénéité des séries d'observation, avec des R^2 proches de 1 pour tous les couples de stations.

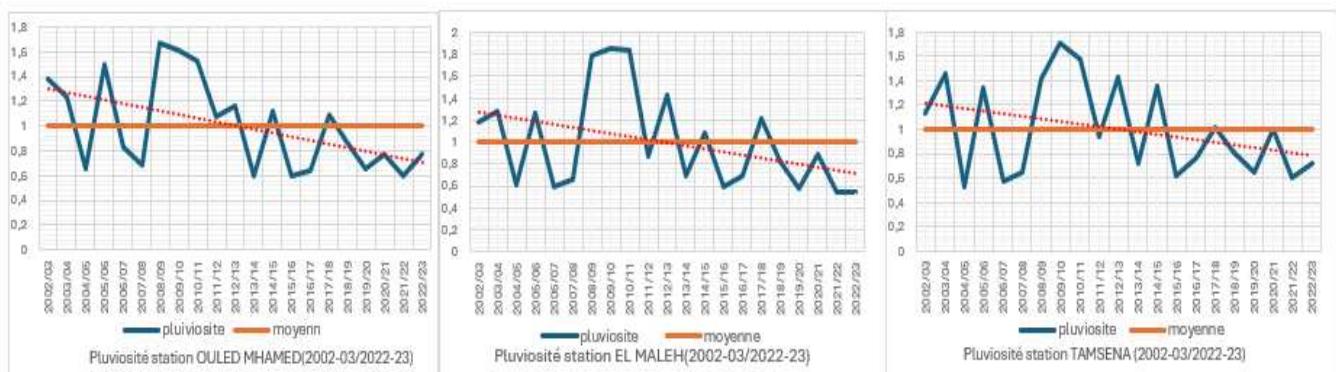


Figure 3 : pluviosité stations étudiées (2002-03/2022-23) (ABHBC).

Les graphiques de la pluviosité (figure 3) et de la méthode CUSUM (figure 4) révèlent des tendances variables des précipitations, alternant entre années sèches et humides. Les résultats montrent des cassures dans les segments des précipitations, indiquant des périodes de tendance humide et sèche. Sur 21 années analysées dans les trois stations. 12 années affichent des déficits pluviométriques, souvent en dessous de la moyenne. En somme, la tendance générale des précipitations annuelles



est orientée vers une séquence sèche. Les rapports des précipitations lors des années extrêmes varient significativement, allant de 1.48 à 1.52 en années humides et de 0.45 à 0.52 en années sèches, indiquant une grande irrégularité entre les stations. De plus, le rapport entre les précipitations de l'année la plus humide et celle de la plus sèche varie de 2.82 à la station Oued Mohamed et de 3.44 à la station EL Maleh.

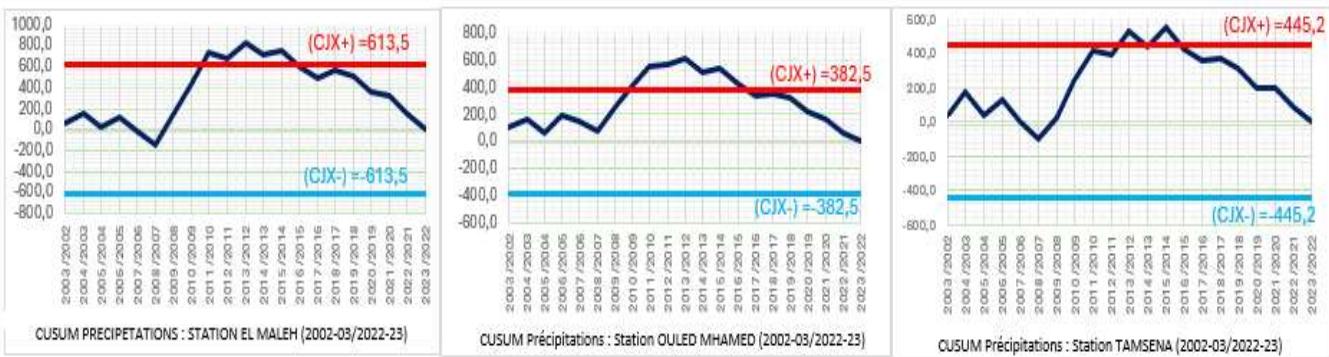


Figure 4 : CUSUM précipitations des stations pluviométriques (2002-03/2022-23) (ABHBC).

L'ajustement statistique des précipitations dans les trois stations (El Maleh, Ouled Mhamed, Tamesna) (figure 5) a permis de classifier les années en groupes selon l'intensité de précipitations. À El Maleh, les années sont réparties en quatre groupes : 9 années de sécheresse extrême (190–242 mm), 3 années de sécheresse modérée (290–314 mm), 6 années avec tendance vers l'humidité (380–502 mm), et 3 années d'humidité excessive (628–654 mm). À Ouled Mhamed, 5 groupes ont été identifiés : 7 années de sécheresse extrême (156–180 mm), 4 années de sécheresse (202–231 mm), 5 années de précipitations modérées (281,80–325 mm), 4 années avec tendance à l'humidité (325–403 mm), et 2 années d'humidité excessive (425–440 mm). Enfin, à Tamesna, 5 groupes ont également été établis : 7 années de sécheresse extrême (159–194 mm), 4 années de sécheresse (214–242 mm), 4 années de précipitations modérées (283–337 mm), 5 années avec tendance à l'humidité (400–433 mm), et 2 années d'humidité excessive (425–440 mm). Ces ajustements sont cruciaux pour la gestion des ressources en eau et l'adaptation aux changements climatiques.

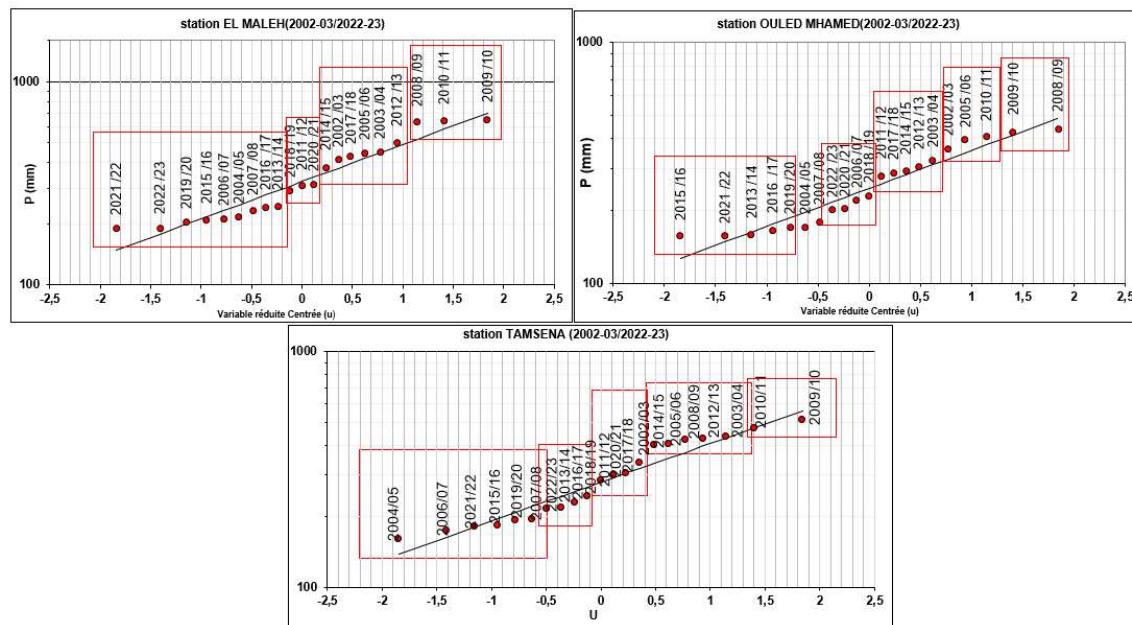


Figure 5:Ajustement des Précipitations à la loi Log Normale, de station El Maleh, Ouled Mhamed, Tamesna (2002–03/2022–23) (ABHBC).

Selon l'analyse d'étude fréquentielle des précipitations pour l'ensemble des stations (Tableau 2), on constate que la station EL MALEH, a enregistré la moyenne des précipitations la plus élevée 352,2 mm par an, tandis que la moyenne la plus basse a été enregistrée à la station d'OULED MHAMED, 263,75 MM. On observe des différences notables dans la fréquence et la durée de retour des précipitations selon les stations. Prenons le cas de la station El Maleh qui a enregistré 135.2 mm avec une durée de retour de 50 ans, contrairement à Tamesna et Oulad Mhamed qui ont des durées de retour spécifiques de 20 et 10 ans pour la même quantité de précipitations au niveau des année sèche, En revanche Au cours des périodes humides la station el Maleh a enregistré 770 mm avec une durée de retour de 50 ans. Alors que Tamesna et Oulad Mhamed ont des durées de retour de 20 et 10 ans pour des précipitations semblables.



Tableau 2 : durée de retour des précipitations pour les stations El Maleh, Ouled Mhamed, Tamesna (2002-03/2022-23) (ABHBC).

Station	Moyenne	Année sèche			Fréquence/durée de rupture	Année humide				Année la plus humide			Année la plus sèche					
		0,02/50ans	0,05/20ans	0,1/10ans		0,8/5ans	0,9/10ans	0,95/20ans	0,98/50ans	Année	P mm	Fréquence	Durée de retour	Année	P mm	Fréquence	Durée de retour	
Oued EL MALEH	352,2	135,2	160,8	187,5	225,9	322,7	460,8	555,2	647,5	770,0	2022/23	654,3	0,9516	21 ans	2002/03	190,0	0,11032	11 ans
TAMESNA	299,23	98,2	122,4	147,0	180,8	279,4	384,5	454,3	560,1	608,8	2009/10	509,6	0,943333	18 ans	2004/05	159,7	0,075	15 ans
OULED MHAMED	263,75	117,3	136,1	155,3	188,2	247,5	336,2	394,6	450,3	522,5	2008-09	440,1	0,934	18 ans	2015-2016	156,1	0,095	11 ans

Analyse hydrométrique :

L'analyse des deux stations hydrométriques du bassin versant de l'Oued el Maleh ont montré une relation linéaire entre les débits, en particulier entre la station amont Ouled Mhamed et la station intermédiaire Melilla (Figure 6). Les graphiques ne présentent pas de ruptures significatives, et les points sont bien regroupés autour de la droite de liaison. Le coefficient de détermination (R^2) indique une bonne qualité de la relation entre les valeurs des deux stations, avec des coefficients de corrélation proches de 1, ce qui témoigne une bonne homogénéité des séries d'étude.

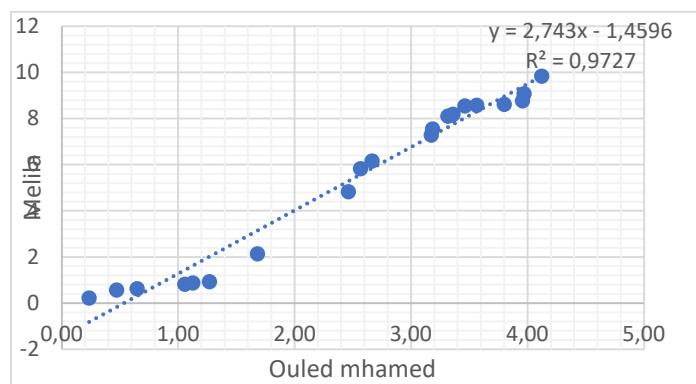


Figure 6: la corrélation entre les stations (MELILLA-OULED MHAMED)

(ABHBC).

Les tendances d'irrégularité des écoulements hydriques pour la station Ouled Mhamed et Melilla sont mises en évidence par la méthode des CUSUM (Figure 7), révélant des segments de pente positifs (tendance humide) et négatifs (tendance sèche). Cette irrégularité est aussi bien définie par les résultats d'hydraulicité (Figure 8) qui indiquent que les deux stations enregistrent principalement des déficits



d'écoulement [**Banacer Amal 2016**]. A la station de Ouled Mhamed les valeurs des coefficients d'hydraulicité extrêmes varient considérablement, avec un K max atteignant 3,9 en 2009–10 et un K min à 0,05 en 2013–14. Ces variations soulignent des débits moyens annuels très inégaux, avec un K max dépassant 20 fois la moyenne interannuelle. Le rapport K max / K min à cette station montre également une irrégularité marquée, atteignant une valeur de 78. En parallèle à la station Melilla les coefficients d'hydraulicité (K max et K min) varient de 0,05 en 2018–19 à 6,09 en 2009–10, avec un débit moyen annuel maximal (K max) plus de 12 fois supérieur à la moyenne interannuelle. Le rapport K max/K min souligne une irrégularité significative avec une valeur de 134.

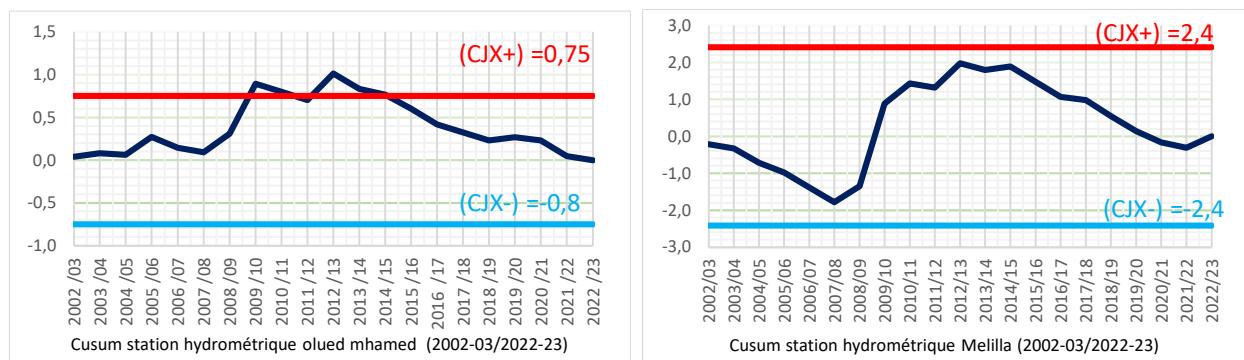


Figure 7 : Cusum des station hydrométrique (Ouled Mhamed, MELILA) (2002-03/2022-23) (ABHBC).

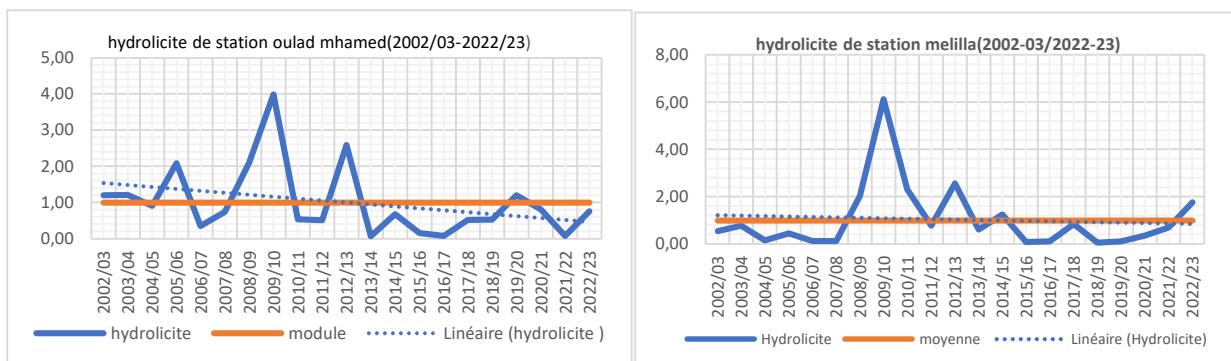


Figure 8 : hydraulicité du station Ouled Mhamed Melilla (2002-03/2022-23) (ABHBC).

L'ajustement statistique des débits des stations Tamesna et Melilla selon la loi Ln-Normale (Figure 9) a permis de classer les données en quatre groupes pour chaque station.

1er groupe : 4 années de sécheresse extrême à la station de Ouled Mhamed (2013/14, 2015/16, 2016/17, 2021/22) avec des débits très faibles ($0,013 \text{ à } 0,029 \text{ m}^3$),



et 7 années de sécheresse extrême (2018/19), (2015/16), (2019/20), (2016/17), (2006/07), (2007/08), (2004/05), avec des débits très faibles, entre $0,025 \text{ m}^3$ et $0,062 \text{ m}^3$ pour la station de Melilla.

2ème groupe station de Ouled Mhamed a enregistré 10 années de sécheresse (2004/05, 2006/07, 2007/08, 2010/11, 2011/12, 2014/15, 2017/18, 2018/19, 2020/21, 2022/23) avec des débits faibles (0.068 à 0.17 m^3). En parallèle, la station de Melilla a enregistré 8 années (2002/03, 2003/04, 2005/06, 2011/12, 2013/14, 2017/18, 2020/21, 2021/22) avec des débits faibles (0.151 à 0.366 m^3).

3ème groupe 3 années vers l'humidité (2002/03, 2003/04, 2019/20) avec des débits légèrement plus élevés ($0,235$ à $0,237 \text{ m}^3$) à Ouled Mhamed et 5 années (2008/09, 2010/11, 2012/13, 2014/15, 2022/23) avec des débits modérés ($0,54$ à $1,21 \text{ m}^3$) pour Melilla.

4 éme groupe : 4 années humides pour Ouled Mhamed (2005/06, 2008/09, 2009/10, 2012/13) avec des débits importants ($0,408$ à $0,78 \text{ m}^3$) et une seule année pour Melilla (2009/10) avec un débit important ($2,68 \text{ m}^3$).

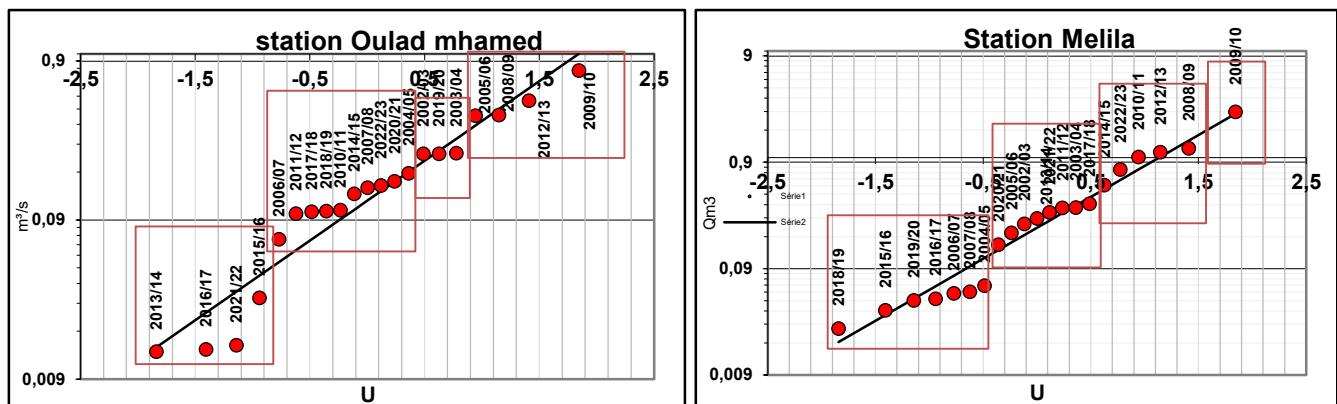


Figure 9 : Ajustement des Précipitations à la loi Log Normale, de station Ouled Mhamed, Melilla (2002-03/2022-23) (ABHBC).



Selon l'analyse des résultats de l'étude fréquentielle des deux stations hydrométrique Melilla et Ouled Muhammad (Tableau 3), une variation significative entre les stations est identifiée. Car la station Ouled Muhammad, qui se situe en amont, enregistre une moyenne de débits de $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$. En parallèle, la station aval Melilla enregistre une moyenne élevée avec $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Et on constate aussi des fluctuations notables dans la fréquence et la durée de retour des débits selon les stations. Au niveau de la station Melilla, le débit enregistrer est de $0.027 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une durée de retour de 10 ans. En revanche, la station de Ouled Mhamed a une durée de retour de 20 ans pour un débit très proche de $0,024 \text{ m}^3/\text{s}$ dans les années sèches. Concernant les années humides, la station Melilla à enregistrer $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une durée de retour de 10 ans. Par contre, la station Oued Mhamed a une durée de retour de 50 ans pour un débit très proche de $1,27 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tableau 3 : Les débits fréquentiels annuels aux stations Oulad Mhamed et Melilla (2002-03/2022-23).

Moyenne	0.20	Anne seche				Fréquences/durée de roture	Anne humide				Moyenne	0.44	Anne seche				Fréquences/durée de roture	Anne humide			
		0,02/50ans	0,05/20ans	0,1/10ans	0,2/5ans		0,5/2ans	0,8/Sans	0,9/10ans	0,95/20ans	0,98/50ans		0,02/50ans	0,05/20ans	0,1/10ans	0,2/5ans	0,5/2ans	0,8/Sans	0,9/10ans	0,95/20ans	0,98/50ans
Station	Oued EL MALEH	0.011	0.017	0.027	0.045	0.11	0.31	0.52	0.79	1.27	0.013	0.024	0.039	0.070	0,217	0,67	1.21	1.97	3.41		
		Année la plus sèche				Année la plus humide					Année la plus sèche					Année la plus humide					
Année		Q m ³ /s	Fréquence	Durée de retour	Année	Q m ³ /s	Fréquence	Durée de retour	Année	Q m ³ /s	Fréquence	Durée de retour	Année	Q m ³ /s	Fréquence	Durée de retour	Année	Q m ³ /s	Fréquence	Durée de retour	
2013/14		0.013	0.03	40 ans	2009/10	0.78	0.946	19ans	2018/19	0.025	0.055	19 ans	2009/10	2.68	0.962	22 ans					



Conclusion :

L'analyse des précipitations et des débits mensuels sur la période 2002-2023 montre clairement que la variabilité climatique est le principal facteur contrôlant la dynamique hydrologique du bassin versant de l'Oued El Maleh. Les années présentant des déficits pluviométriques prolongés correspondent à des débits très faibles, traduisant un stress hydrique accentué, tandis que les années humides se traduisent par des débits élevés et des excédents temporaires.

Cette relation directe entre les précipitations et les débits, confirmée par les analyses statistiques (corrélation et ajustement aux lois Log-Normale), démontre que les fluctuations climatiques influencent fortement le bilan hydrique annuel et saisonnier. Ainsi, la disponibilité en eau du bassin est intimement liée aux conditions climatiques, et toute variation significative des régimes de pluie ou de température entraîne des impacts immédiats sur la quantité et la régularité des ressources en eau.

Ces résultats mettent en évidence la vulnérabilité du bassin aux extrêmes climatiques et soulignent la nécessité d'intégrer ces informations dans la gestion durable des ressources hydriques et dans l'élaboration de stratégies d'adaptation face aux changements climatiques.



Bibliographie :

- BAUDET.G 1969 : le plateau central marocain et ses bordures, études Géomorphologique, Ouvrage publié avec l'aide du ministère de L'enseignement supérieur du Maroc et des ministères Français de L'éducation nationale et des affaires étrangères.
- Banacer Amal 2016 : Etude hydrologique du bassin versant de Ghdat à Sidi Rahal : Cas de la Crue du 28 novembre 2014 Département des Sciences de la Terre Licence Sciences et Techniques Eau et Environnement.
- BARHAZI LARBI, (2022) : La Qualité des eaux au niveau de la préfecture de Mohammedia et Son impact sur la santé humain. Thèse doctorat, fac FLSH-M. Université Hassan II Casablanca.
- El Hafid Idriss (2021) : Les ressources en eau au Maroc, possibilités, gestion et défis.
- Eskenazie (1980) : les éléments d'hydrologie université de liège faculté des sciences appliquées Jean demangeot 2005 : la loi sur l'eau et le droit à l'eau.
- El Ghachi M, 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.
- Sbaïf labri (2005) : le droit de l'environnement marin et côtier marocain dichotomie entre l'état du milieu et une législation obsolète.
- SALOUI A. (2008) :"les inondations de novembre 2002 à la ville de Mohammedia (Maroc).
- Tramblay. T, Ruelland D., Bouaicha R., and. Servat E, "Projected climate change impacts on water resources in northern Morocco with an ensemble of regional climate models," IAHS Publ, 2014.
- Zerhouni. R (1982) : étude hydrologique des oueds côtés de la Méséta Atlantique marocain.
- Lhlou nadia (2017) : les crues dans le haut bassin de l'Oum Er-Rbia (amont station Machraa Edahk) entre 1934–2018 : identification, mesure, suivre et extraction (Maroc).
- B. Y. B. Eudes, H. Souad, and P. Jean-Luc, "Analyse De La Variabilité Hydro climatique Et Impacts Des Barrages Sur Le Régime Hydrologique D'une Rivière De Zone Semi-Aride : Le Sebou Au Maroc," Européen



Scientific Journal, ESJ, vol. 13, no. 5, p. 509, Feb. 2017, doi : 10.19044/esj.2017.v13n5p509.

- Amalaman marc, A. Nouaceur zeineddinne, diomandeBeh I, tra Bi Z.A, Laignel benoit (2021) : étude des impacts de la variabilité climatique sur les eaux de surface dans le bassin versant du Bandama blanc (centre -nord de la côte d'ivoire) ACTE de XXXIV eme du colloque international de LAIC 2021 au maroc vol 6, 1-3-58 pp.