



**HAL**  
open science

# De la variabilité climatique au changement du régime hydrologique dans le bassin de l'oued Ouzoud/ Haut Atlas Central/ Maroc

Ikbal Ouchouia, Azzedine Chaouki

► **To cite this version:**

Ikbal Ouchouia, Azzedine Chaouki. De la variabilité climatique au changement du régime hydrologique dans le bassin de l'oued Ouzoud/ Haut Atlas Central/ Maroc. 2022. hal-03581861

**HAL Id: hal-03581861**

**<https://hal.science/hal-03581861v1>**

Preprint submitted on 20 Feb 2022

**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.

# **De la variabilité climatique au changement du régime hydrologique dans le bassin de l'oued Ouzoud/ Haut Atlas Central/ Maroc.**

Ikkal Ouchouia<sup>1</sup>, Azzedine Chaouki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculté des lettres et sciences humaines Mohammadia/laboratoire (IDES) milieux naturel, changement global et

*adaptation. Correspondant auteur : Ikkal Ouchouia*

Dans la région semi-aride du Maroc, la situation pluviométrique est critique et généralisée pour les quatre bassins hydrauliques du pays (Oum Erbia, Sebou, Moulouya, Souss Massa). Dans ce contexte, l'étude du changement de la variabilité climatique est d'une grande importance dans la gestion et la planification des ressources en eau dans ces stations. Le présent article porte sur l'analyse de variabilité pluviométrique de l'oued de Ouzoud, affluent important de l'oued El Abid qui embouche dans le grand Oued Oum Er Bia. Cette étude vise à caractériser l'impact de changement pluviométrique sur les écoulements. Pour déterminer cette variabilité, nous avons analysé une série de données climatiques à variations annuelles, saisonnières et journalières des séries pluviométriques et hydrométriques. Les données utilisées sont obtenues des services hydrologiques de l'agence du bassin hydrologique de l'Oum Er Rbia. Les résultats obtenus montrent une variabilité pluviométrique importante. De longues périodes de sécheresse sont installées sur l'ensemble du bassin cassé par de courtes périodes humides. Ces périodes de sécheresse ont provoqué la diminution des ressources en eaux superficielles et souterraines dans le bassin. Ce travail constitue une base importante pour la caractérisation de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau dans le sud de la zone méditerranéenne.

**Mots clés :** Variation climatique, Oued Ouzoud, Oued Oum Er Rbia, Régime hydro climatique, , Bilan hydrique, Haut Atlas Central

## **From climate variability to the change of hydrological regime within Ouzoud basin / Central High Atlas / Morocco.**

In semi-arid region of Morocco, the rainfall situation is critical and generalized for the four hydraulic basins of the country (Oum Erbia, Sebou, Moulouya, Souss Massa). In this context, studying the change in climate variability is of great importance in the management and planning of water resources at these stations. This article focuses on the analysis of rainfall variability of the Ouzoud wadi, a major tributary of the El Abid wadi which flows into the large Oued Oum Er Bia. This study aims to characterize the impact of rainfall change on runoff. To determine this variability, we analyzed a series of climatic data with annual, seasonal and daily variations of the pluviometric and hydrometric series. The data used are obtained from the hydrological services of the Oum Er Rbia hydrological basin agency. The results obtained show significant rainfall variability. Long periods of droughts are installed throughout the basin broken by short wet periods. These periods of drought have caused the reduction of surface and groundwater resources in the basin. This work constitutes an important basis for the characterization of the impact of climate change on water resources in the southern Mediterranean area.

**Keywords:** Climate variation, Oued Ouzoud, Oued Oum Er Rbia, Hydro climatic regime, Water balance, Central High Atlas.

## **Introduction**

Le changement climatique et son influence sur l'environnement et la société sont les grandes problématiques du monde moderne. Les conséquences de ces phénomènes sur les ressources en eau sont particulièrement fortes et touchent de nombreux secteurs d'activité (Vågen & Winowiecki, 2013). Les études portant sur la variabilité et les changements climatiques ont intéressé la communauté mondiale à la suite de plusieurs manifestations climatiques de grande ampleur. Donc, la fiabilité d'un travail scientifique nécessite des séries de données longues et homogènes afin d'avoir de résultats pertinents (Sambou & Nimy, 2006). Cet article présente dans un premier temps une section de critique des séries climatiques utilisées dans cette contribution scientifique. Il vise aussi à analyser les caractéristiques climatiques du bassin versant de l'oued Ozoud et leur impact sur le régime hydrologique. Les données climatiques et statistiques vont permettre de déterminer les caractéristiques climatologiques et de bien comprendre la réponse hydrologique de l'oued Ozoud. Les précipitations constituent une variable climatique très importante. Pour ces raisons, elles sont un précieux indicateur pour étudier l'évolution des extrêmes hydrologiques notamment les crues inondables et les étiages (Ibrahim & Polcher, 2004). Mais il faut prendre en précaution l'utilisation de ces données, pour améliorer la qualité d'un travail scientifique pertinent. Dans ce stade, l'analyse statistique nécessite des séries chronologiques homogènes, or les études hydrologiques reposent sur des séries d'observations le plus souvent dictées par la disponibilité des données climatologiques et hydrologiques. L'objectif principal de cette étude est de caractériser la répartition et l'évolution spatio-temporelle des périodes sèches et humides interannuelles et de retracer la variabilité climatique ainsi que leur impact sur les écoulements et le régime hydrologique du bassin versant de l'oued Ozoud (Haut Atlas, Maroc). La démarche adoptée pour atteindre ce but consiste à analyser les impacts de la variabilité interannuelle des pluies et des débits afin d'obtenir un bilan hydrique.

## **1. Méthodologie**

### **1.1 Présentation de la zone d'étude**

Le bassin versant de l'oued de Ozoud se situe au sud-est du Haut Atlas central, dans la province d'Azilal. L'oued Ozoud est l'un des affluents de l'oued El Abid, avec lequel le conflue en aval du barrage de Bin El Ouidane. Il prend naissance à une altitude dépasse 1900 m environ et s'écoule du nord-est vers le sud-ouest. Le bassin versant occupe une superficie de 1307 km<sup>2</sup> (Ouakhir et al., 2020).

Géologiquement, la zone d'étude fait partie intégrante du Haut Atlas Central, Son histoire est donc intimement liée à cette chaîne. La structure géologique montre une succession d'anticlinaux et des synclinaux avec une tectonique cassante illustrée par de nombreuses failles de directions variables (Monbaron, 1982). Le climat se caractérise par des hivers humides et des étés secs avec des précipitations orageuses. Des orages et averses à caractère localisé peuvent se produire durant la saison d'été et surtout dans les parties qui ont une topographie accidentée. Le bassin versant de l'oued Ozoud est l'un des bassins montagnards qui se situent au grand bassin de l'oued El Abid. Il s'agit d'un bassin non-jaugé, aucune station localisée au milieu de ce bassin, à l'exception de la station pluviométrique de Sgatt qui considère la plus proche de notre zone d'étude (15km). En revanche, la station hydrométrique

de Ouaoirnth situé en aval du bassin et mesure les débits de l'oued Ozoud et Oued El Abid (figure.1).

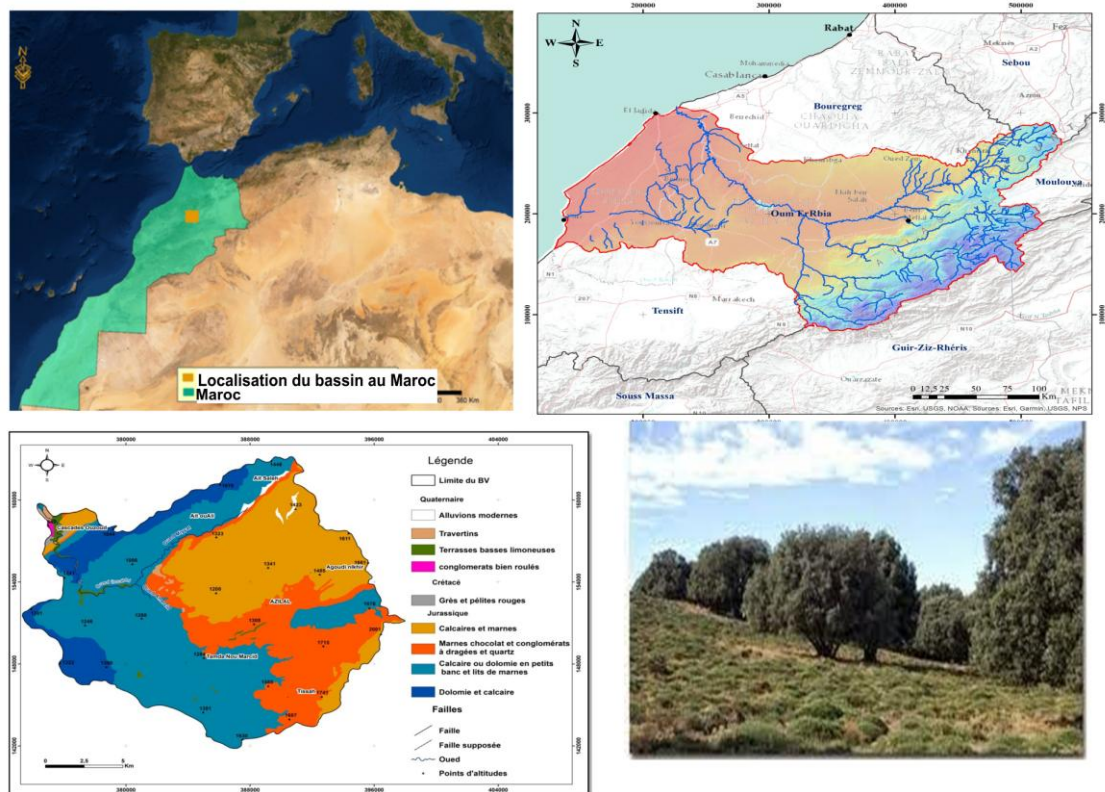


Figure.1 : Présentation du bassin de l'oued Ouzoud à différente échelles, nationale, au niveau du bassin Oum Err Bia et locale.

## 1.2 Méthodologie

La méthode adoptée vise à traiter et calibrer les données climatiques et hydrologiques utilisées dans cet article. La tendance climatique d'une région donnée peut être connue à travers les séries de hauteurs de pluies annuelles, particulièrement lorsque celles-ci sont suffisamment longues. Ces séries constituent en effet les entrées des modèles statistiques et probabilistes. Pour cela, elles doivent être homogènes et représentatives (Sambou & Nimy, 2006). La critique et l'analyse des données permet d'assurer une cohérence des observations disponibles et de détecter avant tout un traitement ultérieur une hétérogénéité et une dérive des quantités mesurées (Cantat, 2004). Dans ce sens, l'analyse critique des données pluviométriques et climatiques est faite sur la période retenue de 1961 à 2019. Cette analyse avait consisté à une comparaison entre les caractéristiques pluviométriques des stations (début des saisons, fins des saisons, hauteur des pluies, nombre de pluies,). La forte variabilité de la pluviométrie enregistrée au cours du siècle passée soulève des inquiétudes sur le type de climat aux horizons lointains. Les corrélations comparatives sont faites à différentes échelles entre les stations choisis et durant des périodes historiques différentes d'une station à l'autre, commence depuis 1960. À l'échelle annuel, le coefficient de détermination ( $R^2$ ) présente des corrélations statistiques entre station Tilouguit et Ait Ouchène dont le coefficient était représentatif ( $R=0.61$ ). A l'échelle mensuelle, le test de corrélation se mettre entre cinq

stations pluviométriques (Tilouguit, Zaouit Ahensal, Ait Ouchène et Sgatt). Les résultats clairement montrent une homogénéité de données hydrologique ( $R^2 = 75 ; 66 ; 62 ; 77$  respectivement). Les corrélations sont significatives car le coefficient est supérieur à 60%. En revanche, l'étude des données journalières devra être menée avec une grande vigilance, en particulier pour les périodes reconstituées qui dans la mesure du possible seront écartées de l'analyse détaillée. Mais, ces analyses concernent surtout la période 1980 – 2019 pour laquelle les lacunes sont rares. Les corrélations à cette échelle sont très bonnes, car sur les deux corrélations, les coefficients sont supérieurs à 80%.

## 2. Résultats et discussion

### 1. Présentation des résultats

#### 1.1 Variabilité interannuelle des précipitations

L'analyse des précipitations annuelles vise à déterminer les variations temporelles, ainsi que d'extraire l'information climatique afin de répondre à la question de quelle région climatique appartient le bassin versant de l'Oued Ouzoud. Les hauteurs des précipitations annuelles soient relativement différentes et soumises à des variabilités spatiales. Nous allons identifier cette variabilité à partir de la chronique choisie pour les stations représentatives 1980-2019. Basant sur les données de trois stations représentatives (Sgatt, Tilouguit et Zaouit Ahensal) on va analyser les fluctuations et les variations climatiques dans le bassin de l'Oued Ouzoud. Toutefois, l'étude de ces précipitations est une phase essentielle pour étudier la problématique des crues inondables.

La figure 2 et 3 montrent une variabilité clairement temporelle des précipitations dans les stations utilisées. Dans la figure 3, les années hydrologiques 1995/1996 et 2001/2002 sont la plus pluvieuse avec une moyenne annuelle de 730 mm, cependant les années 1982/83, 1999/2000 et 2007/08 sont considérées comme des années sèches. On remarque que l'intervalle de temps qui sépare l'année sèche avec l'année humide devient de plus en plus courte ; c'est-à-dire que le climat est devenu plus sec qu'avant. Ainsi on constate, à partir de cette figure, que le bassin de l'Oued Ouzoud correspond à une zone parmi les moins arrosées du Nord -Est du Maroc, en vue de sa situation en Haut Atlas centrale, qui s'ouvre au Sud-Ouest sur la plaine de Tadla.

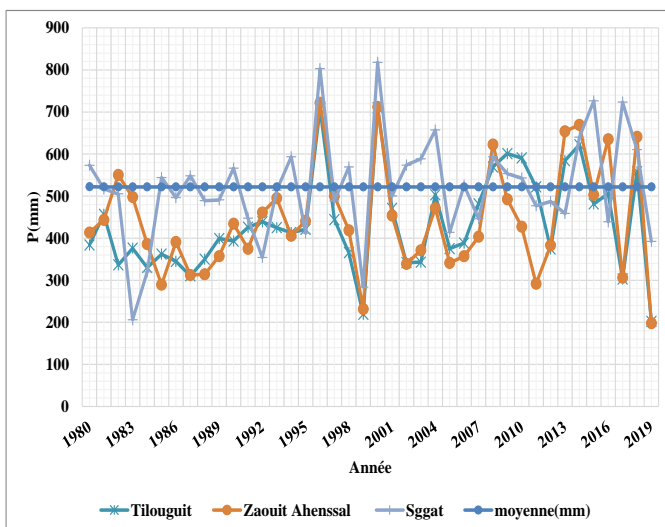


Figure 2: Répartition des P. annuelles (PA) dans le bassin versant de l'Oued Ouzoud (1980-2019)

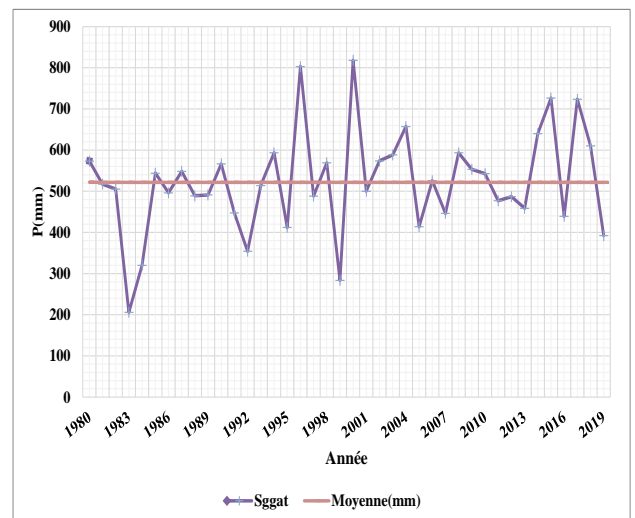


Figure 3: Précipitations annuelles de la station de Sgatt par rapport à la moyenne (1980-2019)

## 1.2 Variabilité mensuelle

La variation mensuelle vise à déterminer la distribution des précipitations pendant l'année hydrologique en calculant la moyenne mensuelle pour toute la chronique qui s'étend sur 39 ans pour les trois stations utilisées (Tillouguite, Zaouite Ahençal et Sggat). Les deux figures 4 et 5 présentent une contraste variation entre les trois stations pluviométriques.

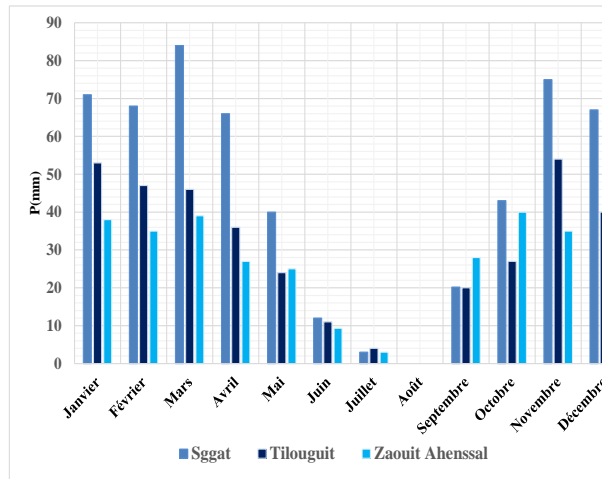


Figure 4 : Distribution des précipitations moyennes mensuelles dans les trois stations représentatives (1980-2019)

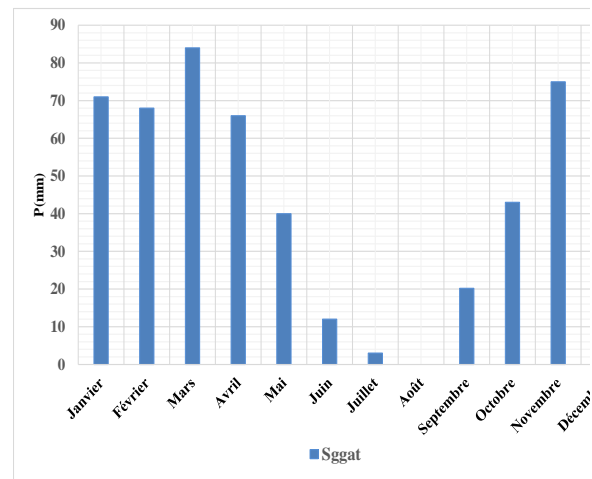


Figure 5: Les précipitations moyennes mensuelles dans la station Sggat (1980-2019)

Selon les graphes, les pluies commencent du mois de septembre jusqu'au mois de Juin, mais avec des quantités élevées au niveau des mois de Décembre, Janvier et Février. En revanche la station sggat reçoit des précipitations très importantes en comparaison avec d'autres stations. Cette station constitue la plus humide par rapport à d'autres stations étudiées. Elle donne au bassin versant d'Ozoud un caractère continental avec une saison sèche de Mai à Septembre et une saison pluvieuse de novembre à avril (figure 4). Nous pouvons constater aussi que la répartition mensuelle des précipitations est identique pour les stations Tillouguite et de Zaouit Ahenssal avec une augmentation des précipitations de septembre à novembre, puis diminution en décembre, augmentation jusqu'en février et diminution jusqu'au mois de juillet (sauf une légère augmentation observée dans le mois avril) avec une légère augmentation au mois d'août. A Zaouit Ahansal, les précipitations augmentent de septembre à octobre, diminuent en décembre, augmentent jusqu'au mois de mars, diminuent jusqu'au mois de juillet puis augmentent au mois d'août (une augmentation importante par rapport à celle des autres stations). A la station de Tillouguite, les précipitations augmentent du mois de septembre à novembre où elles restent presque stables avec une augmentation jusqu'au mois de mars ou elles augmentent légèrement, puis diminuent jusqu'au mois de juillet toujours avec une légère augmentation au mois d'août. De plus, nous pouvons dire que la répartition des précipitations est bimodale pour Zaouit Ahansal (pics en Octobre et Mars) et Tillouguite (pics en Janvier et Novembre).

## 1.2 Variabilité journalière

Les précipitations saisonnières ont été calculées à partir des données mensuelles. Les précipitations d'automne sont la somme des mois de septembre, octobre et novembre. Les

précipitations en hiver sont la somme des précipitations des mois de décembre, janvier et février. Les précipitations du printemps sont la somme des précipitations des mois de mars, avril et mai. Les précipitations d'été sont la somme des précipitations des mois de juin, juillet et août. La figure 6 montre la répartition saisonnière des précipitations dans trois stations. Nous pouvons constater que les précipitations sont abondantes en hiver pour toutes les stations sauf Zaouit Ahansal où les précipitations abondantes en hiver. La saison la plus sèche est l'été. La figure6 permet aussi de mettre en évidence deux sortes de régime de précipitations L'échelle saisonnière. Le premier régime, comprenant les stations de Sggat et Tilouguit. Le deuxième régime de précipitation, comprenant la station de Zaouit Ahansal, voit son pic de précipitations en Automne et une légère diminution en hiver et au printemps (tableau 1).

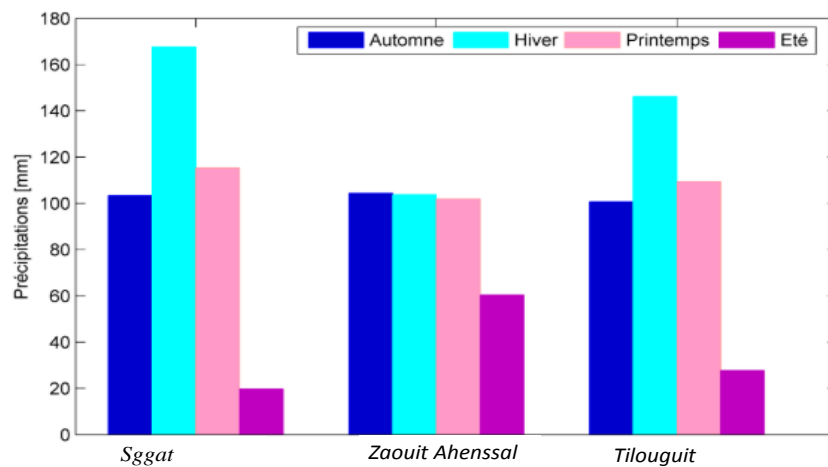


Figure 6: Variation saisonnière comparative des précipitations dans trois stations durant (1980/2019)

Tableau 1: Précipitation moyenne saisonnière dans trois stations en (mm)

Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Sggat	103.42	167.70	115.32	19.78
ZaouitAhenssal	104.38	103.77	101.89	60.35
Tilouguit	100.72	146.21	109.52	27.78

Source : ABOHER 2020

### 1.3 le régime hydrologique

Les méthodes dites indirectes de détermination de l'évapotranspiration par l'utilisation de formules mathématiques peuvent être les méthodes de Thornthwaite, Turc et Penman-Monteith-FAO (Coulibały et al., 2020). Les données climatiques qui interviennent pour l'utilisation de ces modèles sont : les températures de l'air (moyenne, maximale et minimale), l'humidité relative, le rayonnement solaire, la pression atmosphérique et la vitesse du vent. Dans notre cas, ce bilan procède par la comparaison mensuelle des précipitations et de l'ETP. L'objectif est de modifier le besoin hydrique dans le bassin versant de l'Oued Ouzouden relation avec la variabilité des précipitations (figure7).

- La figure ci-dessous présente les résultats du bilan hydrique à la station Sggat. Selon cette figure, on constate deux phases et périodes différentes ; une période de surplus et une période de besoin.



- La période de surplus est moyennement faible, car les moins de surplus durent seulement 4 mois, mais il favorise également l'alimentation du cours d'eau et la naissance des extrêmes hydrologiques particulièrement les crues inondables.
- La période de besoin : s'étend sur 8 mois. On enregistre un déficit théorique d'environ - 978 mm pour l'ensemble du bassin. Le maximum de déficit hydrique est enregistré au mois Juillet et Aout (Figure 7).

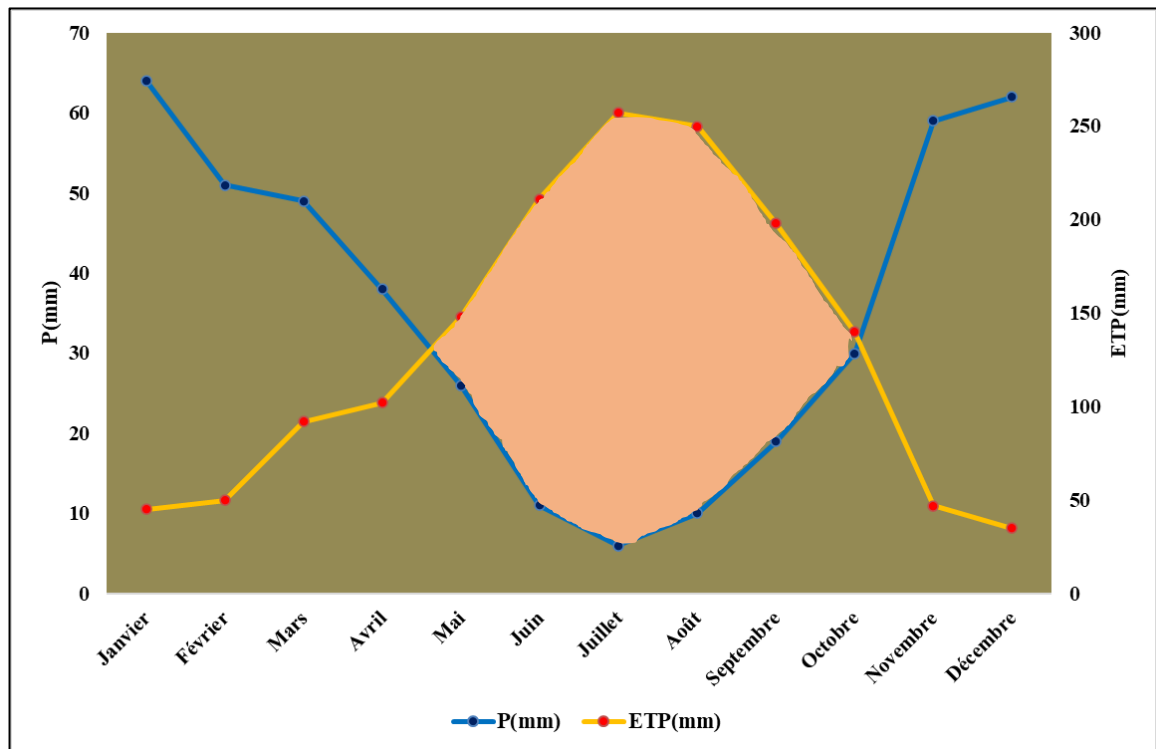


Figure 7: le bilan hydrique dans le bassin de l'Oued Ouzoud (1980-2019)

## 2. Discussion et interprétation

La fluctuation interannuelle de la pluviométrie est assez importante au niveau des stations du bassin. Les périodes sèches et humides apparaissent donc plus nettement après l'analyse des variations annuelles, mensuelles, saisonnières et journalières. Grâce aux archives climatologiques de l'ABOHER, nous pouvons analyser l'évolution des précipitations sur quelques stations représentatives dans le bassin versant de l'oued Ouzoud depuis 1950. La longue chronique des différentes stations permet de comprendre le contexte climatique du bassin étudié. Par conséquent, après cette analyse diachronique des données, on peut dire que :

\*Cette étude climatique (P et ETP pour une chronique plus de 39 ans, 1980-2019) est très importante. A la vue de cette analyse, nous pouvons dire que le bassin d'Ouzoud est soumis à un climat de type Méditerranéen avec un caractère continental où des températures également douces et des précipitations moyennes annuelles de 486 mm pour l'ensemble du bassin.

\*A l'échelle mensuelle, et selon la chronique prise en compte, l'année est marquée par quatre saisons. La saison hivernale est caractérisée par une faible évaporation, donnant un surplus disponible pour l'écoulement ou la recharge des nappes. La saison estivale caractérise



par potentiel hydrique faible mais la dynamique érosive parfois était forte en raison de la torrencialité de pluies d'orage intenses.

\*Les précipitations dans le bassin de l'Oued Ouzoud sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très forte. A propos de la variabilité spatiale, le domaine d'étude est situé dans un contexte climatique partiellement Hétérogène. Il bénéficie de précipitations moyennes comprises entre 1000 mm et 230 mm au niveau de la station de Sgatt. La partie amont du bassin est plus arrosée que la partie avale.

\*A l'échelle temporelle, les précipitations annuelles peuvent varier assez fortement d'une année à l'autre. Au niveau saisonnier, la zone d'étude reçoit des précipitations durant la période allant du mois de novembre jusqu'à le mois d'Avril. Cette variabilité provoque une ressource en eau importante pour la zone et produit un contraste et une variabilité climatique qui agit sur la circulation de l'eau. En plus cette fluctuation fait apparaître des perturbations hydrologiques très fréquentes. Dans ce contexte, les crues et les inondations soient plus importantes dans la zone étudiée.

\* L'analyse des chroniques des débits en aval du bassin identifient ces phénomènes répétitifs qui ont longtemps perturbés le cours d'eau. La plupart de ces crues apparaissent en hiver et au printemps, elles ont une forme complexe, caractérisée par plusieurs pics. Les crues simples sont courtes et se caractérisent par une montée et une descente d'eau plus rapide et apparaissent essentiellement durant l'été

### **Conclusion**

L'objectif de cet article est d'examiner l'existence d'une variabilité climatique dans le haut bassin de l'Oued El Abid au Haut Atlas, particulièrement dans le bassin de l'oued Ouzoud et de montrer son impact sur l'écoulement et le régime hydrologique de cet affluent. Les résultats de la présente étude constituent une importante base de données pour l'évaluation de la vulnérabilité de la variabilité climatique et ces impacts sur les régimes hydrologiques des cours d'eau de la zone. Dans ce sens, l'amélioration et le renforcement des systèmes d'observations des pluies et des débits au niveau des différentes stations s'avèrent nécessaires afin de mieux caractériser l'évolution du climat et contribuer à une meilleure adaptation aux probables effets néfastes des changements climatiques sur les écoulements de surface de l'oued Ouzoud comme affluent de l'Oued El Abid. Par conséquent, la succession des années sèches dans le Maroc pourrait donc créer un écart défavorable entre la demande croissante en eau et les ressources en eau disponibles. Ainsi la situation des réserves hydriques devient préoccupante, et des mesures d'adaptation avec les variabilités climatiques, de rationalisation et de gestion durable des ressources en eau, devront être prises pour faire face aux effets des changements climatiques qui pourraient aggraver les impacts négatifs.

## **Bibliographie**

- Cantat, O. (2004). Analyse critique sur les tendances pluviométriques au 20ème siècle en Basse-Normandie : réflexions sur la fiabilité des données et le changement climatique. *Climatologie*, 1(Volume 1), 11–32. <https://doi.org/10.4267/climatologie.963>
- Coulibaly, F., Sanogo, S., & Abdramane, B. (2020). *Analyse de l' évolution temporelle du bilan hydrique en zone semi-aride : cas de Neguela , Mali Résumé*. May.
- Ibrahim, B., & Polcher, H. K. J. (2004). *Caractérisation de l' évolution de la pluviométrie à l' horizon 2050 au Burkina Faso selon cinq modèles climatiques régionaux ( RCMs ) tournés dans un contexte de changement climatique . 2004–2006*.
- Ouakhir, H., El Ghachi, M., Goumih, M., & Hamid, L. (2020). Fluvial Dynamic in Oued El Abid Basin: Monitoring and Quantification at an Upstream River Section in Bin El Ouidane Dam - 2016 / 2017-(Central High Atlas / Morocco). *American Journal of Mechanics and Applications*, 8(4), 47. <https://doi.org/10.11648/j.ajma.20200804.11>.
- Sambou, S., & Nimy, E. N. M. (2006). Critique statistique des séries des pluies annuelles dans le bassin amont du Fleuve Sénégal. *IAHS-AISH Publication*, 308, 319–324.
- Vågen, T. G., & Winowiecki, L. A. (2013). Mapping of soil organic carbon stocks for spatially explicit assessments of climate change mitigation potential. *Environmental Research Letters*, 8(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015011>