

**Assessing Climatic Drought in the El Abid River Basin (Morocco),
Through the Standardized Precipitation Index (SPI)**

PhD. Hassan OUZANNI, Khouldia NAFIA,
Yassine ELJAOUHARY, Dr. Mohamed EL GHACHI.

Faculty of Letters and Humanities,
Sultan Moulay Slimane University, Béni-Mellal, Morocco

Science Step Journal / SSJ

December 2023/Volume 1- Issue 3

DOI: doi.org/10.6084/m9.figshare.24922149

To cite this article: OUZANNI,H., Nafia,K., ELJAOUHARY,Y., & EL GHACHI, M. (2023, December). Assessing Climatic Drought in the El Abid River Basin (Morocco),Through the Standardized Precipitation Index (SPI). (SSJ, Ed.) Science Step, I(3), 253-252.ISSN: 3009-500X.

Abstract

The El Abid river basin stands out as a distinctive hydrological unit, holding significant importance as one of the primary contributors of the larger Oum Er Rbia river basin. Located in the Central High Atlas, its geographical features include a steep slope and a diverse morphology predominantly defined by mountainous terrain. Furthermore, precipitation in both solid and liquid forms within this basin is influenced by various factors, including altitude and slope direction. Over the past few decades, the proliferation of drought, driven by climatic variability, has exerted detrimental impacts on the agricultural pursuits of the basin's inhabitants. This study focuses on determining, and identifying periods of climatic drought in the Oued El Abid basin, employing the Standardized Precipitation Index (SPI) technique to analyze rainfall data extending from 1976 to 2021. The findings reveal a temporal sequence characterized by alternating phases of dry and wet conditions. During dry periods, the SPI values range from 0 to -2, indicative of extreme drought conditions.

Keywords

El Abid river basin, Drought, SPI index, Precipitation.

Détermination de La Sécheresse Climatique Par l'Indice Normalisé de Précipitation (SPI) Dans Le Bassin Versant de l'Oued El Abid -Maroc-

PhD. Hassan OUZANNI¹, Khouldia NAFIA,
Yassine ELJAOUHARY, Dr. Mohamed EL GHACHI.

Faculté des Lettres et des Sciences Humaines,
Université Sultan Moulay Slimane - Béni-Mellal - Maroc

Resumé

Le bassin de l'Oued El Abid est une unité hydrologique particulière. Il est considéré comme l'un des plus importants bassins alimentant le grand bassin de l'Oum Er Rbia. Sa situation géographique (Atlas de Béni Mellal) se caractérise par un grand dénivelé, et une diversité morphologique dominait par un caractère montagnard. Les quantités de précipitations solides et liquides reçues par ce bassin sont soumises à plusieurs facteurs, tels que : l'altitude et la direction des versant. La propagation du phénomène de la sécheresse, au cours des dernières décennies à la suite de la variabilité climatique, a affecté négativement les activités agricoles des habitants du bassin. Cette étude porte sur la détermination des périodes de sécheresse climatique, dans le bassin de l'Oued El Abid, en utilisant la technique de l'Indice standardisé des précipitations (ISP), dans l'analyse des données de pluie pour la série chronologique (1976-2021). Les résultats obtenus montrent que la série temporelle se caractérise par une alternance de périodes sèches et de périodes humides. Pendant les périodes de sécheresse, la valeur ISP varie de 0 à -2 lors d'une sécheresse extrême.

Mots-clés

Bassin versant de l'Oued El Abid, Sécheresse, Indice SPI, Précipitations.

¹ E-mail : ha.ouzanni@gmail.com

Introduction

«L'intensité des événements de précipitations extrêmes les plus intenses augmente avec le réchauffement climatique.» (Myhre et al, 2019) «Le Maroc est vit actuellement l'épisode sec le plus long de son histoire contemporaine, caractérisé par une diminution des précipitations et une tendance nette à la hausse des températures. »(El Hawari & El Ghachi, 2023) «Les régions arides sont confrontées à plusieurs défis hydrologiques et hydrauliques; elles sont confrontées au défi du manque d'eau, et au défi des crues soudaines, et dans de nombreux pays en développement, au défi de la gestion inefficace des ressources en eau. » (Mohsen et al, 2023). Le bassin de l'Oued El Abid, qui se caractérise par un climat aride à semi-aride. Il ne fait pas exception, à ces phénomènes climatiques extrêmes, tel que la sécheresse.

Selon, la publication de l'Organisation météorologique mondiale en 2012. La sécheresse est un phénomène naturel, infiltrant et cumulatif, qui résulte de la démunissions des précipitations, au-dessous de rythme habituel. Et quand, Ce phénomène s'étend sur une saison ou sur une période plus longue, les précipitations deviennent insuffisantes, pour répondre aux besoins des activités humaines et de l'environnement. La sécheresse doit être considérée, comme une condition relative plutôt qu'absolue. Il existe de nombreuses méthodologies, pour le suivi de ce phénomène.

L'objectif de cette contribution scientifique, est d'identifier et analyser les différentes séquences de sécheresse météorologiques, dans le bassin versant de l'Oued El Abid, amont du barrage Bin El Ouidane, pour les deux stations «Tizi Nisly» et «Ayt Ouchen», durant la série chronologique 1976-2021. Dans cette étude, nous avons caractérisé la sécheresse dans ce bassin en calculant l'indice standardisé des précipitations (ISP), à différents échelles de temps (annuelle et saisonnière).

1. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de l'Oued El Abid, amont barrage Bin El Ouidane, est au sud-est du grand bassin de l'Oum Er Rbia situé au centre du Maroc. Il se localise entre les méridiens 5°15' et 6°30'w, et les parallèles 32° et 32°45' N. Ce bassin versant occupe une superficie de 3005 km².

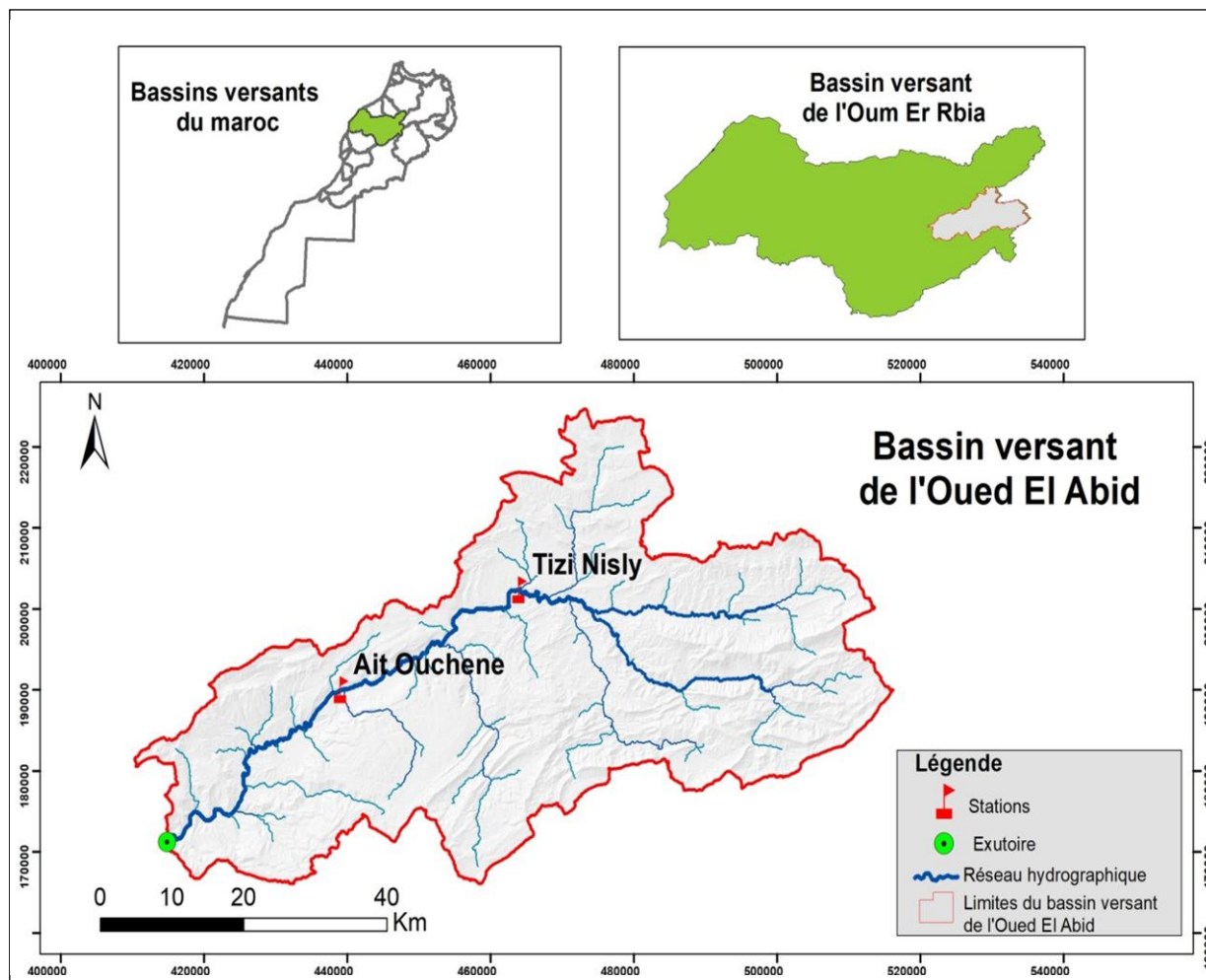


Figure 1 : Situation géographique du bassin versant de l'Oued El Abid.

«De par sa situation géographique, situé entre le Haut Atlas Central et la plaine de Tadla en aval, le bassin de l'oued El Abid se caractérise par un climat semi-aride et continental» (Ouakhir et El Ghachi, 2019). Ce bassin fait partie du Haut Atlas central calcaire où le relief est marqué par une série d'anticlinaux et de synclinaux, est marquée par la dominance des roches carbonatées composées essentiellement des calcaires du Lias, du Dogger et du Crétacé. Ces roches calcaires se trouvent dans la zone du bassin versant soit isolées ou en alternance avec d'autres formations: Dolomies, marnes ou grès. (Bissour, 2019). Les altitudes les plus dominantes dans le bassin versant amont de l'oued El Abid sont celles qui comprises entre 1600 m et 2200 m. Ceci signifie que le bassin versant amont de l'oued El Abid est occupé par des reliefs très accidentés, dont les montagnes et les crêtes sont très présentés. Le réseau hydraulique, est plus dense, dominé par des cours d'eau saisonniers (récifs et ruisseaux). De même, un grand nombre de sources se distinguent par un débit important, et d'autres sont saisonnières et de faible débit, qui se

répartissent principalement sur la rive gauche du cours principal de l'Oued al-Abid, selon le sens d'écoulement des eaux.

2. Méthodologie et données

2.1 Méthodologie

Au fil des ans, les météorologues et les climatologues du monde entier ont développé et utilisé De nombreux indices de la sécheresse. Ces indicateurs allaient de simples indicateurs tels que le pourcentage de précipitations Les indices habituels, au plus complexes, comme l'indice de sévérité de la sécheresse de Palmer. D'après la publication de l'Organisation météorologique mondiale en 2012. Les scientifiques Aux États-Unis d'Amérique, ils ont réalisé que l'indicateur devait être simple, facile à calculer et statistiquement pertinent, et raisonnable. De plus, comprenant le fait que le manque de précipitations a des effets différents sur les eaux souterraines, Les aquifères de stockage d'eau, l'humidité du sol, l'accumulation de neige et le débit des cours d'eau ont incité les scientifiques américains McKee, Doesken et Kleist à développer le « Standard Précipitation Index » (SPI) en 1993.

Pour déterminer les caractéristiques de la sécheresse climatique selon différentes échelles de temps (annuelles, saisonnières...), on a appliqué l'indice standardisé des précipitations (ISP). «Cet indice est capable de quantifier l'écart des précipitations sur une période donnée, déficit ou surplus, par rapport aux précipitations moyennes historiques. Cette période de calcul peut varier de 3 mois à 2 ans. Cet indicateur est basé sur un historique de précipitation de longue durée, d'un minimum de trente ans pour obtenir des résultats fiables (Mckee et al, 1993). Il répond à l'équation suivante: (Thierry, 2019)

$$SPI=(P-Pm)\sigma p$$

Où P : Précipitation totale d'une période (mm)

Pm : Précipitation moyenne historique d'une période (mm)

σp : Ecart-type historique des précipitations de la période (mm)

Cet indicateur permet de déterminer le début et la fin de la période de sécheresse selon son amplitude. Les valeurs ISP représentées dans le tableau ci-dessous sont conformes à la classification de McKee 1993. Les valeurs négatives qui sont (ISP<-1) concernent des périodes sèches, tandis que les valeurs positives qui sont (ISP>1) indiquent des périodes humides. Quand ces valeurs comprises entre -0,99 et 0,99, elles sont proches de l'état normal.

Tableau N° 1: les classes des valeurs SPI selon (McKee et al, 1993)

Classifications ISP	
2,0 et plus	Extrêmement humide
de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à -1,49	Sécheresse Modérée
de -1,5 à -1,99	Sécheresse Sévère
-2 et moins	Sécheresse Extrême

L'indice standardisé des précipitations (ISP) est un indicateur facile à utiliser en donnant des résultats précis. Cet indicateur permet d'identifier et d'évaluer les situations de sécheresse pour les différentes périodes. «Quand il porte sur un laps de temps relativement court, 3 mois par exemple, l'indice (ISP) permet de détecter rapidement les situations de sécheresse et d'en évaluer la gravité. Alors que les large pas du temps ont permis de faciliter la lecture visuelle de l'indicateur, de comprendre la tendance générale du régime pluviométrique et climatique ainsi sa représentation graphique.» (Kessabi et Hanchane, 2020). Dans notre cas, nous sommes appuyés sur quatre pas de temps différents (3 mois, 6 mois, 12 mois et 24 mois), afin de pouvoir lire la sécheresse sur toutes les échelles.

2.2Présentation des données utilisées

La base de données utilisée au cours de cette étude a été obtenue auprès de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia. Les données concernent les deux stations : «Tizi Nisly» et «Ait Ouchen», s'étend sur une série chronologique (1976- 2021), de 45 ans. Le choix des deux stations s'est fait car, elles sont les seules stations situées dans le bassin de l'Oued El Abid amont du barrage Bine El Ouidane. Le tableau ci-dessous montre les coordonnées et les caractéristiques des deux stations:

Tableau N° 2: Caractéristiques des stations pluviométriques du Bassin de l'Oued El Abid.

Stations	Coordonnées		Altitude Z(m)	Taille des séries (ans)	Pluie Moyenne Annuelle (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Ecart Type
	X(m)	Y (m)						
Tizi Nisly	432300	139600	1595	45	435.8	192.9	1020.1	150.8 7
Ait Ouchene	434147	185125	939	45	414.6	197.2	752.5	122.5 6

L'analyse des séries pluviométriques de la zone d'étude montre que les variations pluviométriques annuelles et interannuelles sont très irrégulières dans le temps et dans l'espace. Les quatre pas de temps (3 Mois, 6 Mois, 12 Mois et 24 Mois), qu'on a utilisé dans notre étude, permettent de caractériser la sécheresse météorologique qu'a connue le bassin versant de l'Oued El Abid.

3. Résultats et discussion

3.1 L'indice de l'ISP calculé sur l'échelle 3 Mois et 6 Mois.

L'objectif de l'étude de sécheresse pour les pas de temps de 3 et 6 mois est d'identifier de courtes périodes sèches entrecoupées de périodes humides plus longues.

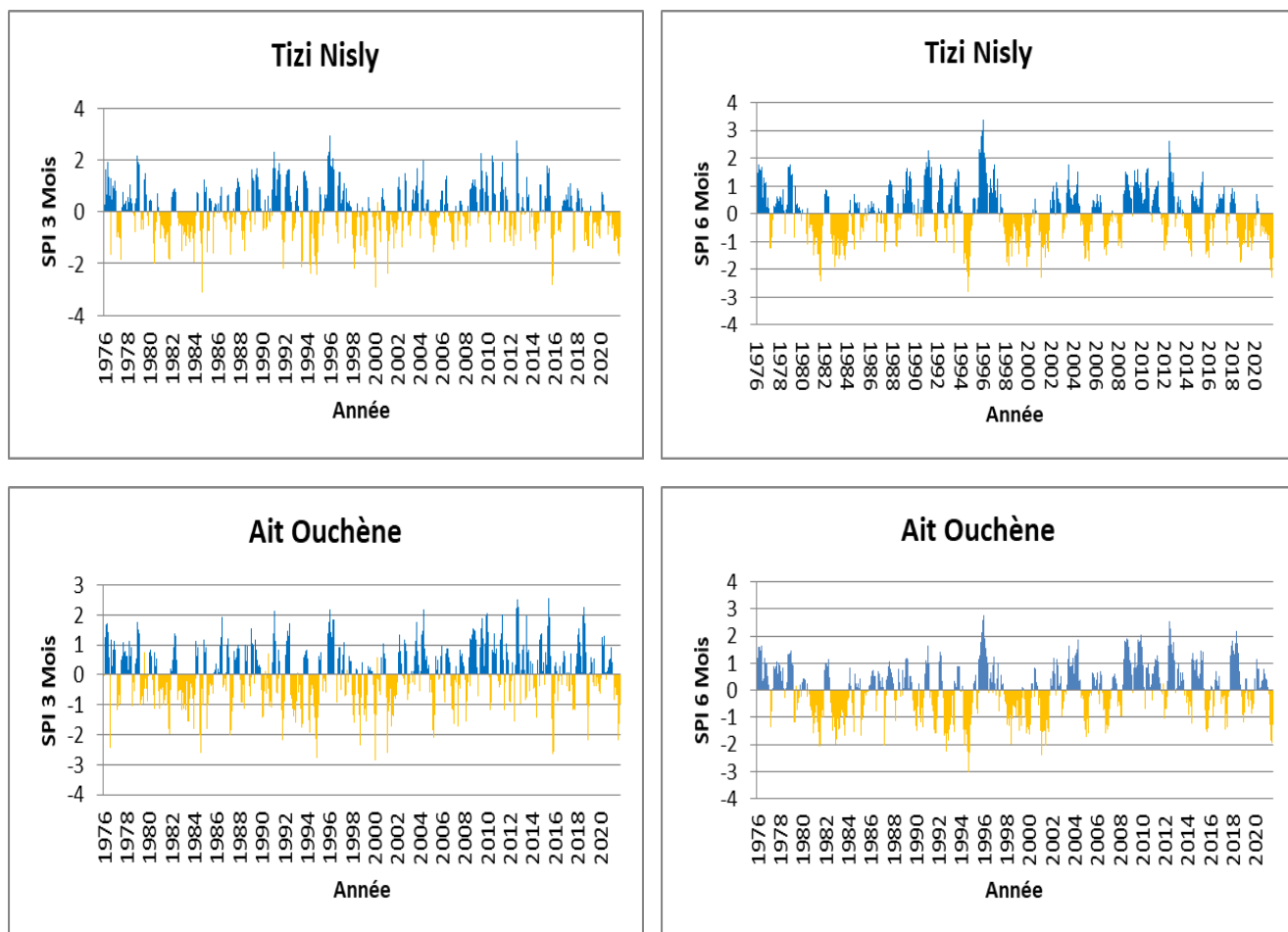


Figure N°2: fluctuation des valeurs (SPI 3 Mois et SPI 6 Mois) durant la période étudiée dans les deux stations

Le calcul des valeurs de (ISP), pour les pas de temps de «3 mois» et «6 mois», au niveau du bassin versant de l'Oued El Abid, pour chaque station, Figure (N°2). Peut être extrait, qu'il existe une alternance de périodes humides et sèches, tout au long de la série chronologique 1976-2021, avec une prédominance de périodes sèches dans la seconde moitié de la série. Étant donné que les périodes sur lesquelles nous avons travaillé étaient courtes (3 mois) et (6 mois), les résultats présentés dans la figure différencient les saisons sèches et humides.

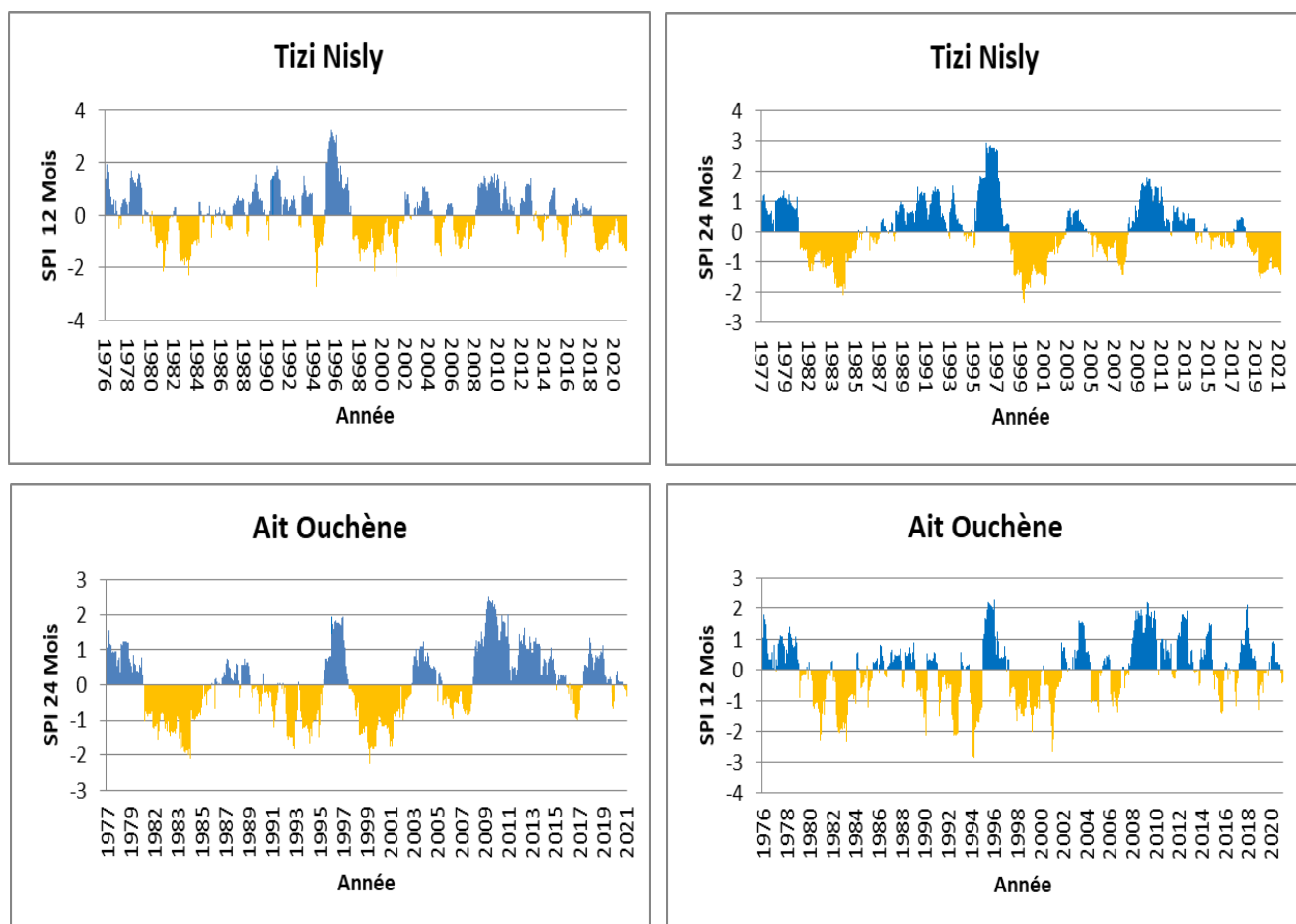
L'analyse de l'indice standardisé des précipitations (ISP) pour les stations de Tizi Nisly et Ait Ouchene, sur 3 mois, montre que la valeur la plus basse, en terme de précipitations, a été enregistrée en 1985, suivie d'une période caractérisée par une sécheresse extrême à sévère pendant la majeure partie des années 1990. Quant à l'analyse « 6 mois », la valeur maximale enregistrée au cours de l'année 1985 n'apparaît pas car elle concerne une période très courte. Le pic est apparu dans ce cas en 1995. Avec des périodes de sécheresse relativement longues enregistrées, la première est apparue entre 1980 et 1985, la deuxième de 1990 à 1995, la

troisième au cours de la période s'étendant de 1997 à 2002, et la dernière de 2018 jusqu'en 2021.

3.2 L'indice de l'ISP calculé sur l'échelle 12 Mois et 24 Mois.

Si les courtes périodes, permettent une identification précise de la répartition de sécheresse, au cours de l'analyse des résultats (ISP). Les longues périodes facilitent la lecture de l'étendue de la sécheresse sur des séries temporelles dépassant 30 ans.

Figure N°3: fluctuation des valeurs (SPI 12 Mois et SPI 24 Mois) durant la période étudiée pour les deux stations



Après l'analyse des résultats obtenus, par le calcul de l'ISP, il apparaît toujours qu'il y a une alternance entre périodes sèches et humides. On remarque cependant, pour les SPI «12 mois» et «24 mois», que chaque phase apparaît clairement, avec une légère différence spatiale d'une station à l'autre.

Dans cette analyse, nous avons remarqué qu'il y avait quelques différences spatiales. Quand on lit les résultats pour la période s'étendant entre 1989 et 1995, il apparaît clairement qu'il fait humide à la station de Tizi Nisly, alors qu'il est sèche à la station Ait Ouchene. L'inverse est vrai pour la période entre 2018 et 2021 qui se caractérise par une humidité à la station Ait Ouchene et une sécheresse à la station Tizi Nisly. Cette différence peut avoir plusieurs explications, notamment : la localisation de la station et l'orientation des versants, la différence d'altitude, la nature des précipitations entre les deux stations... car la station Ait Ouchene peut recevoir des pluies, en même temps la station de Tizi Nisly reçoit des précipitations solides (neige). Sachant que lors de cette étude nous avons utilisé uniquement des données pluviométriques.

3.2 Pourcentage des nombres des classes de sécheresse pour les quatre pas du temps

Afin de mieux comprendre la répartition des périodes de sécheresse dans le bassin tout au long de la série chronologique disponible, nous avons classé les périodes selon la valeur (ISP) en sept classes. Nous avons calculé le pourcentage pour chaque section. Les tableaux ci-dessous montrent les différentes classes et leurs pourcentages de chaque pas du temps.

Tableau N° 3: Pourcentage des classes pour les valeurs ISP, station de Tizi Nisly.

	%SPI 3 Mois	%SPI 6 Mois	%SPI 12 Mois	% SPI 24 Mois
Extrêmement humide	2	1.83	2.03	2.45
Très humide	5.64	5.68	3.88	3.21
Modérément humide	6.73	8.41	10.54	10.02
Proche de la normale	69.45	65.26	64.14	66.35
Sécheresse Modérée	9.64	11.88	14.6	12.66
Sécheresse Sévère	4.18	5.48	3.51	4.73
Sécheresse Extrême	2.36	1.46	1.29	0.57

Il apparaît que le pourcentage de périodes de sécheresse, au niveau des deux stations et tout au long de la série chronologique étudiée, n'a pas dépassé 15 %. La plupart des périodes ont été dominées par une sécheresse normale et quasi normale.

Figure N°4: Pourcentage des types de sécheresse pour les quatre pas du temps, station Tizi Nisly (1976-2021).

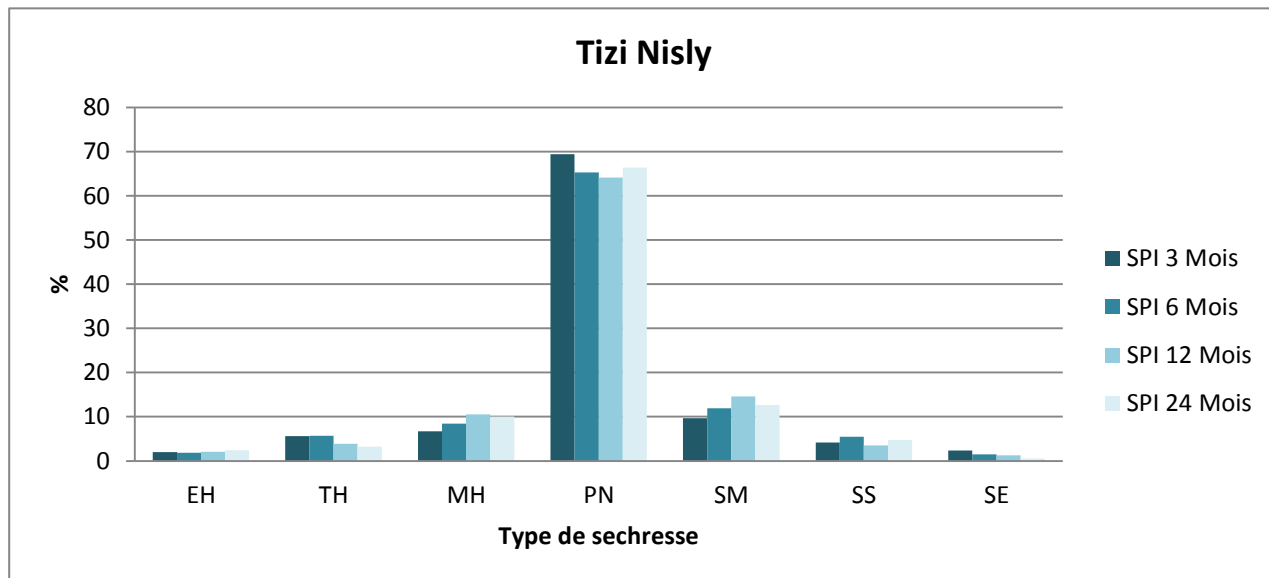


Tableau N° 4: Pourcentage des classes pour les valeurs ISP, station d’Ait Ouchène.

	%SPI 3 Mois	%SPI 6 Mois	%SPI 12 Mois	% SPI 24 Mois
Extrêmement humide	1.81	1.28	1.85	2.08
Très humide	3.81	4.75	6.84	4.54
Modérément humide	10	10.6	6.47	11.15
Proche de la normale	67.63	64.72	66.91	63.52
Sécheresse Modérée	10	10.78	11.09	12.47
Sécheresse Sévère	4	5.85	3.88	5.48
Sécheresse Extrême	2.72	2.01	2.96	0.75

En lisant les résultats du tableau et de la courbe, il apparaît clairement que le pourcentage le plus élevé, pour les classes au-dessous de la normale, n'a pas dépassé 13%. La classe la plus importante est celle de proche de la normale par un pourcentage de 63%.

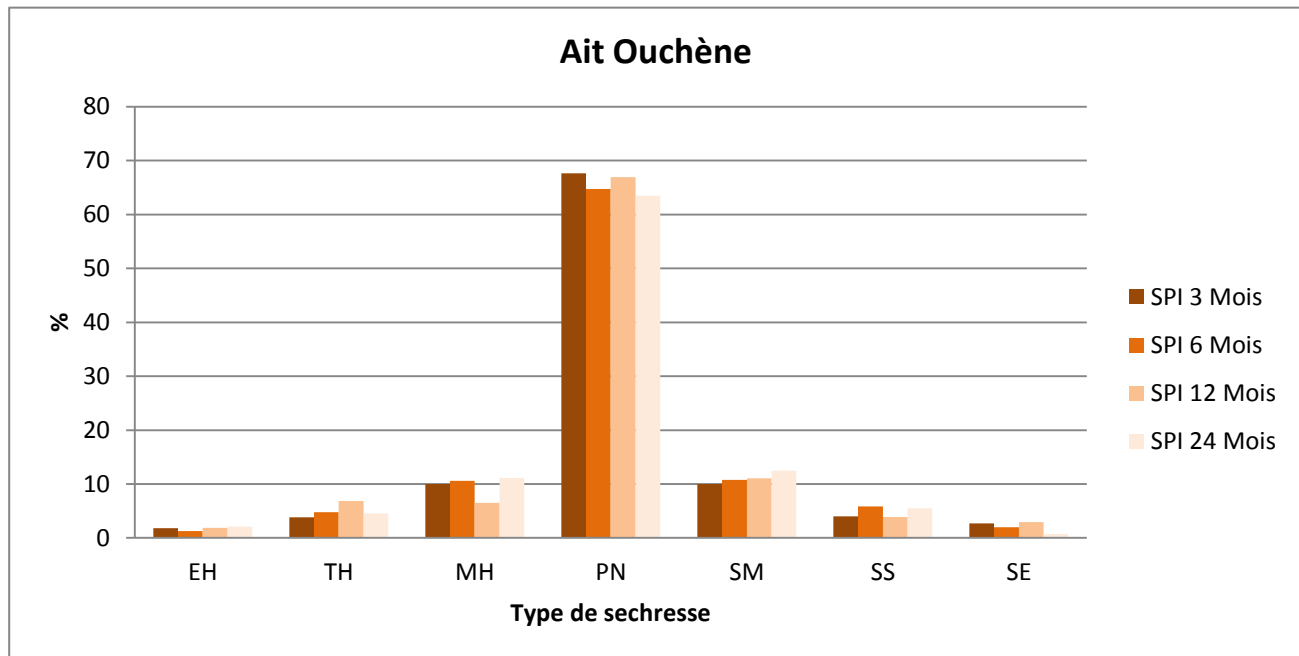


Figure N°4: Pourcentage des types de sécheresse pour les quatre pas du temps, station Ait Ouchène (1976-2021).

L'étude du phénomène de sécheresse, dans les deux stations, du Bassin de l'Oued El Abid amont du Barrage Bine El Ouidane, permet de comparer l'étalement des périodes de sécheresse sous plusieurs aspects : Premièrement, entre les deux stations, qui apparaissent relativement similaire en termes de proportions et de la classe dominantes. Deuxièmement, l'étalement des périodes sèches, caractérisées par des taux élevés, par rapport aux périodes humides, caractérisées par des taux faibles, avec la prédominance de la classe proche de la normale. Enfin, la comparaison entre les pas de temps a montré que les pas de temps longs (12 mois et 24 mois) sont plus clairement lisibles que les pas de temps courts (3 mois et 6 mois).

Conclusion

Cette étude a montré que l'indice de sécheresse (ISP) au niveau du bassin versant de l'Oued El Abid montre généralement des périodes d'excédent et des périodes de déficit, entrecoupées d'années sèches ou humides au cours de la période étudiée. Au cours des 45 années analysées aux stations de Tizi Nisly et Ait Ouchène, les années de sécheresse les plus prononcées en termes de gravité ont été 1982, 1984, 1994, 2000 et 2002. Les épisodes de sécheresse détectés au niveau des deux stations ont été qualifiés de forts, Et très sévère en termes d'intensité.

Les valeurs (ISP) ont été calculées et analysées au cours des 45 années, afin de comprendre l'évolution générale de ce phénomène climatique à long et moyen terme. Pour avertissement des décideurs et des gestionnaires des ressources en eau, dans l'objectif d'adapter la politique de mesures préventives, en tenant compte de ces changements climatiques, et de réfléchir à la durabilité des ressources en eau dans ce contexte de rareté.

Références bibliographiques

- Abdelali, S., Rachid, I., Mohammed, H., Hassan, F., & Wadi, B. (décembre 2019). W8Caractérisation de la sécheresse climatique au Maroc (Colloque UNESCO-SHF : « Sécheresses 2019, Paris 11-12 et 13 décembre 2019 » 11 pages.
- Bissour, R. (2019). Ressources en eau de l'oued El Abid amont barrage Bin El Ouidane et agriculture irriguée: caractérisation, quantification et valorisation. Cas du périmètre irrigué de Béni Moussa (Région Béni Mellal Khénifra) (Doctoral dissertation, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal (Maroc)).
- EL HAWARI, J., & EL GHACHI, M. (2023). La variabilité pluviométrique et le risque de la sécheresse dans le bassin de Souss-Massa-Maroc à travers l'Indice Standardisé des précipitations (ISP). *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 1(2), 61-69.
- El Hafid, D., Zerrouqi, Z., & Akdim, B. (2017). Study of drought sequences in the ilsly basin (East Morocco). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (31), 83-94.
- Hachem, A., Mili, EM, Benbella, B., El Ouardi, H. et Mehdaoui, R. (2023). Caractérisation des séquences de sécheresse climatique dans le bassin versant de la Haute Moulouya, Maroc. *Ingénierie écologique et technologie environnementale (EEET)*, 24 (2).
- Layati, E., Ouigmane, A., Qadem, A., & El Ghachi, M. (2021). Characterization and quantification of meteorological drought in the Oued El-Abid Watershed, Central High Atlas, Morocco (1980-2019). *Hydrospatial Analysis*, 5(2), 45-55.
- McKee, TB, Doesken, NJ et Kleist, J. (janvier 1993). La relation entre la fréquence et la durée des sécheresses et les échelles de temps. Dans *Actes de la 8e Conférence sur la climatologie appliquée (Vol. 17, n° 22, pp. 179-183)*.
- Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, CW, Hodnebrog, Ø., Marelle, L., Samset, BH, ... et Stohl, A. (2019). La fréquence des précipitations extrêmes augmente considérablement avec la rareté des événements dans le contexte du réchauffement climatique. *Rapports scientifiques*, 9 (1), 16063.
- Nasser, T. T. (2019). Evaluation et impact de la sécheresse sur une région agricole: Cas de la plaine irriguée de la Beqaa (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- Ridouane, K., Mohamed, H., (2020). Le risque de la sécheresse et la variabilité pluviométrique dans la région de Fès-Meknès à travers l'indice de précipitation normalisé et corrélation avec l'Oscillation Nord Atlantique. Article de 19 pages.
- Stour, L., & Agoumi, A. (2008). Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécologie appliquée*, 16, 215-232.