

TENDANCE ET VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUES DANS UNE REGION SEMI-ARIDE :

ÉTUDES DU CAS DU « BASSIN VERSANT DE TIMGAD ».

REGAD Nora et TATAR Hafiza

Laboratoire des Sciences du Territoire, Ressources Naturelles et Environnement « LASTERNE », Faculté des Sciences de la Terre, Géographie et Aménagement du Territoire, Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

Reçu le 12/02/2017 – Accepté le 09/10/2019

Résumé

Le but de cet article est d'évaluer la tendance pluviométrique dans un bassin versant semi-aride cas de Timgad, qui s'appuie sur le calcul de l'indice SPI (Standardized Precipitation Index), la méthode graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI) et les indices de ruptures. Ces tendances ont été proposées sur une période de plus de quarante ans de mesure et pour six stations du réseau pluviométrique algérien. Les méthodes statistiques ont montré le caractère sévère et durable de la sécheresse climatique observée dans cette région à partir de la fin des années mille neuf cent soixante-dix et il met aussi en évidence, le retour vers la phase humide à partir du début des années deux mille.

Mots clés : Bassin versant, semi-aride, Variabilité climatique, indices pluviométriques.

Abstract

The purpose of this article is to evaluate the rainfall trend in a semiarid watershed case of Timgad, which relies on the calculation of the SPI (Standardized Precipitation Index), the chronological graphical treatment method of the information (MGCTI) and breakage indices. These trends have been proposed over a period of more than forty years of measurement and for six stations of the Algerian rainfall network. Statistical methods have shown the severe and lasting nature of the climatic drought observed in this region from the end of the nineteen seventies and it also highlights, the return to the wet phase from the beginning of the years two thousand.

Keywords: Watershed, semi-arid, Climatic variability, rainfall indices.

ملخص.

الغرض من هذه المقالة هو تقييم اتجاه هطول الأمطار لأحواض نهريّة في منطقة شبه جافة حالة الحوض الهيدروغرافي تيمقاد، والتي تعتمد على حساب مؤشر هطول الأمطار القياسي SPI ، طريقة المعالجة الرسومية التسلسلية المعلومات (MGCTI) ومؤشرات الكسر. تم اختيار مدة الدراسة لأكثر من أربعين عامًا لست محطات مطرية. ووفقًا لنتائج المؤشرات المستعملة فإنه توجد مرحلة عجز كبيرة سجلت في هذه المنطقة في نهاية السبعينيات وتليها فترة الرطوبة في بداية الألفين من فترة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: أحواض نهريّة ، شبه جافة ، تغير المناخ ، مؤشرات هطول الأمطار .

I. INTRODUCTION

Pendant longtemps les effets des changements climatiques ont été ressentis plutôt à l'échelle locale (Sagan *et al.* 1979 ; Foley *et al.* 2005). Avec le début de l'industrialisation, vers le milieu du 18ème siècle, le changement climatique est maintenant largement reconnu par la communauté scientifique (IPCC, 2013). Sur la Rive Sud du bassin méditerranéen, l'augmentation des températures est conforme à la situation mondiale. La hausse des températures minimales (T_m) est cependant plus nette dans la partie de l'Afrique du Nord (Nouaceur *et al.*, 2013 ; Donat *et al.* 2013).

Ces changements climatiques signalés un peu partout dans le monde se manifestent en Algérie par une modification de l'intensité et de la répartition des précipitations et une amplification des phénomènes extrêmes, notamment en zone semi-aride, où la baisse de la pluviométrie et la diminution des apports en eau de surface, sont particulièrement significatives (Taibi ; S .2011).

Le présent travail de recherche a pour but d'analyser la tendance générale de la pluviométrie et de mettre en évidence ses ruptures. Cette connaissance revêt

ainsi une importance primordiale, dans une région semi-aride.

II. CADRE DE L'ETUDE

La zone d'étude située à l'ouest du bassin de Chemora (07-04), fait partie du grand bassin versant des « HAUTS PLATEAUX CONSTANTINOIS », dans les piémonts Nord des Aurès à cheval sur l'étage bioclimatique semi-aride (200 à 400 mm/an de précipitation (ANRH ; 2005)). Elle est comprise entre 35°60' et 35° 39 Nord et 06°24' et 6°48'Est, et s'étale sur une superficie de 189.50 km² (*fig.1*). Elle se caractérise par un relief plus ou moins plat et monotone, avec une tranche d'altitude assez marquée comprise entre 1065 m et 1221 m.

Le réseau hydrographique du bassin versant de Timgad est constitué principalement par l'Oued Soultez qui résulte de la jonction de deux Oueds : Feid Tlouidi et Enguesdira le premier prend sa source au Nord-Ouest de Djebels Tagratine et le second prend naissance à partir de la confluence de l'Oued el-Kriane.

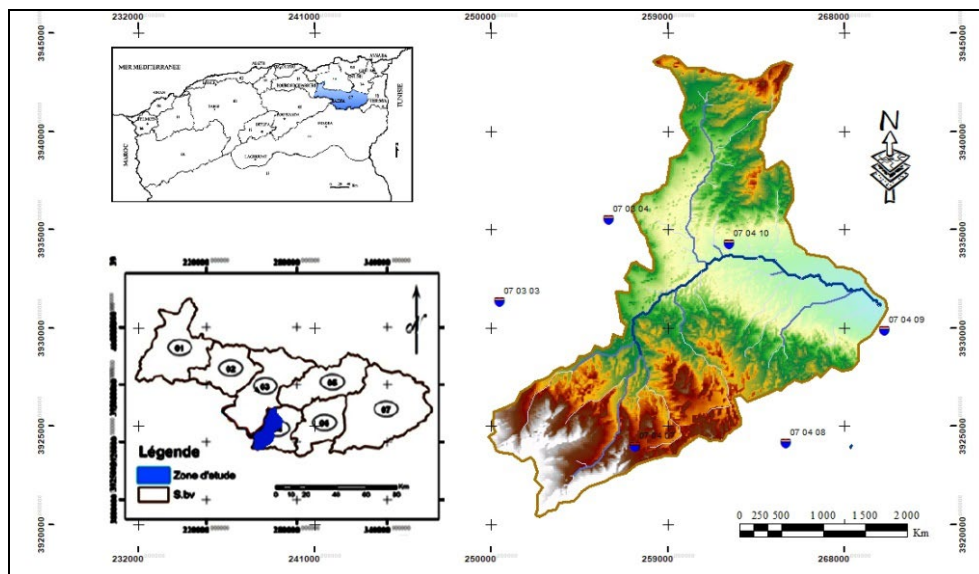


Figure 1 : carte du bassin versant de Timgad

III - DONNEES, MATERIELS ET METHODES

La région d'étude a fait l'objet de plusieurs recherches (Guidoum .A ; 2004, Belagoune .F ; 2007) et depuis quelque années cette thématique a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs en Algérie comme dans le reste des pays méditerranéens .Ainsi en Algérie les recherches ont porté sur l'étude de la variabilité de la pluviométrie des hauts plateaux oranais (Taibiet al. 2013; Meddi et Talia, 2007) ; au Maroc les chercheurs se sont intéressés aux enjeux majeurs que représentent la variabilité climatique et à la quantification de son impact sur les ressources en eau (Benassi, 2001; Singlaet

al, 2010). En Tunisie, les études ont porté sur la caractérisation de la variabilité climatique à travers la pluviométrie à l'échelle du bassin et l'évaluation de la réponse hydrologique à partir des variations de débit à l'exutoire. (Kingumbi et al. 2005).

Données et matériels

Les données utilisées dans cette étude ont été fournies par la base de données de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H). Les stations ont été choisies pour leur disponibilité en longues séries chronologiques (Tab. 1). La critique et

l'homogénéisation des stations pluviométriques ont été effectuées à l'échelle mensuelle. Le logiciel Khronostat a été utilisé pour cette étude.

Tableau 1 : Coordonnées des stations et période d'étude

Type de stations	Code station	Nom station :	Coordonnées géographiques			Données	Chroniques
			X :	Y :	Z :		
Pluviométrique	07 03 03	TAZOULT	822,65	248,65	1200	Données mensuelles	1969/70-2012/13
	07 03 04	ALI BEN TENOUN	827,4	254,9	1180	Données mensuelles	1969/70-2012/13
	07 04 07	BAIOU	829,65	242,65	1510	Données mensuelles	1969/70-2012/13
	07 04 08	BOUHMAR	837,15	244	1275	Données mensuelles	1969/70-2012/13
	07 04 09	TIMGAD	841,75	250,9	1000	Données mensuelles	1969/70-2012/13
	07 04 10	SIDI MANCAR	833,7	253,25	1112	Données mensuelles	1969/70-2012/13

Les outils retenus pour l'analyse de la variabilité du régime pluviométrique sont : l'indice pluviométrique standardisé, l'analyse par la matrice de Bertin et les tests de rupture.

A-Indice pluviométrique standardisé :

L'indice pluviométrique standardisé est utilisé comme un indicateur de tendance ou de changement dans une série chronologique de données pluviométriques. La formule est :

$$SPI = (P_i - P_m) / \delta \quad \text{Ou} :$$

P_i = Indice standardisé de précipitation ; P_i = Total de pluie annuel (mm) ; P_m = Moyenne interannuelle des totaux pluviométriques sur la période d'observée (mm) ; δ = Ecart type de la pluie moyenne interannuelle (mm)

Le SPI est établi pour quantifier le déficit des précipitations pour des échelles de temps multiples qui risquent de refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau. Une classification de la sécheresse suivant les valeurs des SPI selon (Guttman N.B.1998) est établie (**Tab.2**).

Tableau 2 - Classification de la sécheresse avec la valeur de l'Indice pluviométrique standardisé (SPI).

Classes du SPI	Degré de la sécheresse
$SPI > 2$	Humidité extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée
$-1 < SPI < 0$	Sécheresse modérée
$-2 < SPI < -1$	Sécheresse forte
$SPI < -2$	Sécheresse extrême

B - Matrice BERTIN :

La méthode d'analyse des données utilisée est la méthode graphique chronologique de traitement de

l'information (MGCTI), de type "matrice BERTIN" (Z. NOUACEUR et al. 2013-a, 2013-b). Appliquée aux données de précipitations, cette méthode permet dans un premier temps d'analyser la répartition spatio-temporelle du paramètre météorologique, puis dans un second de déterminer les dates de changement de cycle, s'il y a des cyclicités manifestes, grâce à l'analyse régionale (Z. NOUACEUR et al. 2013).

Première étape

Pour chaque station, les données annuelles de l'ensemble de la chronique sont classées en fonction des quintiles et en fonction de la position de leurs données par rapport aux quintiles, les années sont considérées comme :

Très sèche ou très fraîche, en dessous du premier quintile ;

- Sèche ou fraîche, entre le premier et le deuxième quintile ;
- Normale à tendance sèche où à tendance fraîche, entre le deuxième quintile et la médiane ;
- Normale à tendance humide ou à tendance chaude, entre la médiane et le troisième quintile ; humide ou chaude, entre le troisième et le quatrième quintile ;

Enfin, très humide où très chaude, au-dessus du quatrième quintile.

Deuxième étape

Un recodage des valeurs grâce à une gamme de couleurs est effectué (la couleur variant suivant la position du cumul pluviométrique annuel ou de la température moyenne par rapport aux valeurs limites). Ce premier traitement est suivi d'une procédure de ré ordonnancement (permutations de colonnes) afin d'obtenir un classement qui permet de visualiser une structure colorée homogène (matrice BERTIN). Cette procédure permet de visualiser

l'évolution du paramètre climatique selon deux dimensions (temps et espace).

Troisième étape

Pour déterminer les ruptures et les périodes caractéristiques, une deuxième procédure est entreprise. Elle consiste à affecter un nombre variant de 1 (année très sèche ou très froide) à 5 (année très humide ou très chaude) suivant les caractères, déjà déterminés, attribués à chaque année. La somme des nombres de toutes les stations pour chaque année est centrée réduite, ce qui permet d'obtenir un indice qui varie de +1,95, pour une année très humide ou très froide à -1,95 pour une année très sèche ou très chaude. L'indice centré réduit est calculé comme suit : $I = (X_i - X) / S$

Où : X_i est la valeur de l'année, X la moyenne de la série et S l'écart type de la série.

La projection du résultat sur un graphique permet de voir l'évolution du phénomène à une échelle régionale, puis de déterminer les dates de rupture et de changement de tendance.

C -Méthodes de détection de rupture

Ces tests permettent de vérifier le caractère aléatoire des séries de variables et de détecter une éventuelle rupture dans les séries chronologiques (Y.T. BROU, 1997). La détection des dates de rupture des séries pluviométriques a été faite au moyen des tests statistiques de Pettit (1979) et Approche bayésienne de Lee & Heghinian (1977).

1. Test de PETTIT

Le test de Pettit est non-paramétrique dites encore « indépendantes de la distribution », qui reposent non pas sur les valeurs de la variable quantitative observée, mais sur les rangs qu'elles occupent dans la distribution.

Il dérive du test de Mann-Whitney (Lubes et al. 1994). L'absence d'une rupture dans la série (x_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Le fondement de ce test est le suivant :

La série est divisée en deux sous-échantillons respectivement de taille m et n . Les valeurs des deux échantillons sont regroupées et classées par ordre croissant. On calcule alors la somme des rangs des éléments de chaque sous-échantillon dans l'échantillon total. Une statistique est définie à partir des deux sommes ainsi déterminées, et testée sous l'hypothèse nulle d'appartenance des deux sous-échantillons à la même population. La formulation du test de Mann-Whitney modifiée par Pettit est la suivante :

La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant t variant de 1 à N , les séries (x_i), $i = 1, t$ et (x_i), $i = 1, t+1, N$ appartiennent à la même population.

Soit $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$ avec :

$$\begin{aligned} \text{sgn}(x) &= 1 \text{ si } x > 0 \\ \text{sgn}(x) &= 0 \text{ si } x = 0 \\ \text{sgn}(x) &= -1 \text{ si } x < 0 \end{aligned}$$

On considère $U_{t,N}$ telle que :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

Soit K_N la variable définie par le maximum en valeur absolue de $U_{t,N}$ pour t variant de 1 à N .

A partir de la théorie des rangs, Pettit montre que si k désigne la valeur de K_N prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur k est donnée approximativement par :

$$\text{prob}(K_N > k) \approx 2 \exp\left(\frac{-6k^2}{(N^3 + N^2)}\right)$$

Pour un risque α de première espèce donné, si $\text{prob}(K_N > k)$ est inférieur à α , l'hypothèse nulle est rejetée. La série comporte alors une rupture localisée au moment τ où est observée K_N . Le test est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne.

2. Approche bayésienne de Lee et Heghinian

2.1. Principe des méthodes bayésiennes

Contrairement aux méthodes statistiques classiques, l'approche bayésienne ne s'appuie pas uniquement sur un échantillon de données. Elle incorpore également dans l'analyse, des connaissances a priori sur les paramètres des échantillons de données que l'on étudie. Cette information a priori peut provenir d'analyses statistiques antérieures ou des connaissances subjectives des experts. Ces connaissances se traduisent par des probabilités (a priori) d'occurrence pour les différentes valeurs possibles du paramètre, que l'on appelle *loi a priori* du paramètre.

Ces distributions a priori sont ensuite actualisées à l'aide des données observées en utilisant la formule de Bayes (des probabilités conditionnelles). Nous obtenons ainsi la *loi a posteriori* du paramètre à estimer.

2.2. Test de de LEE et HEGHINIAN

Le test de Lee & Heghinian propose une approche paramétrique. Elle nécessite une distribution normale des valeurs de la série. L'absence de rupture dans la série constitue l'hypothèse nulle.

Le modèle de base de la procédure est le suivant :

$$x_i = \begin{cases} \mu + \varepsilon_i & i = 1, \dots, \tau \\ \mu + \delta + \varepsilon_i & i = \tau + 1, \dots, n \end{cases}$$

Les ε_i sont des variables aléatoires normales de moyenne nulle et de variance σ^2 . τ , μ , δ et σ sont des

paramètres inconnus et indépendants, $1 \leq \tau \leq N-1$, $-\infty < \mu \leq +\infty$, $-\infty < \delta \leq +\infty$, $\sigma > 0$.

τ et δ représentent respectivement la position dans le temps et l'amplitude d'un changement éventuel de moyenne.

L'approche Bayésienne présentée ici est fondée sur les distributions marginales *a posteriori* de τ et δ (Lee et Heghinian, 1977).

IV. RESULTATS

IV.1 Variabilité et tendance pluviométrique :

A-Indice pluviométrique standardisé :

Nous avons calculé le SPI annuel pour toutes les séries pluviométriques de la région d'étude. Les résultats de cet indice sont présentés dans les graphes suivants.

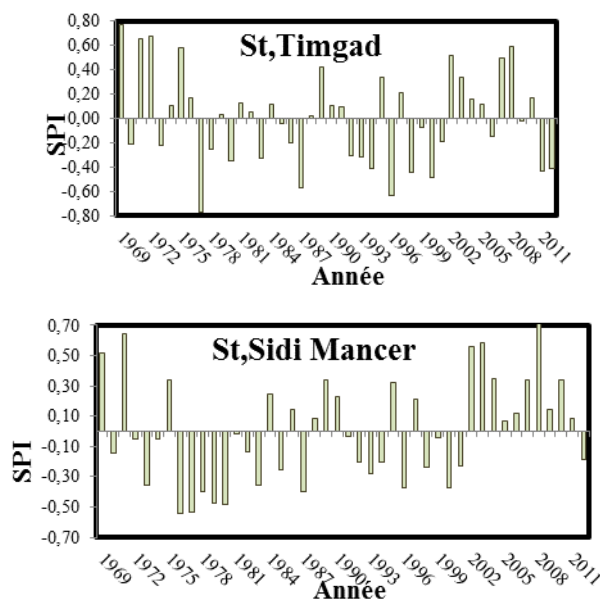
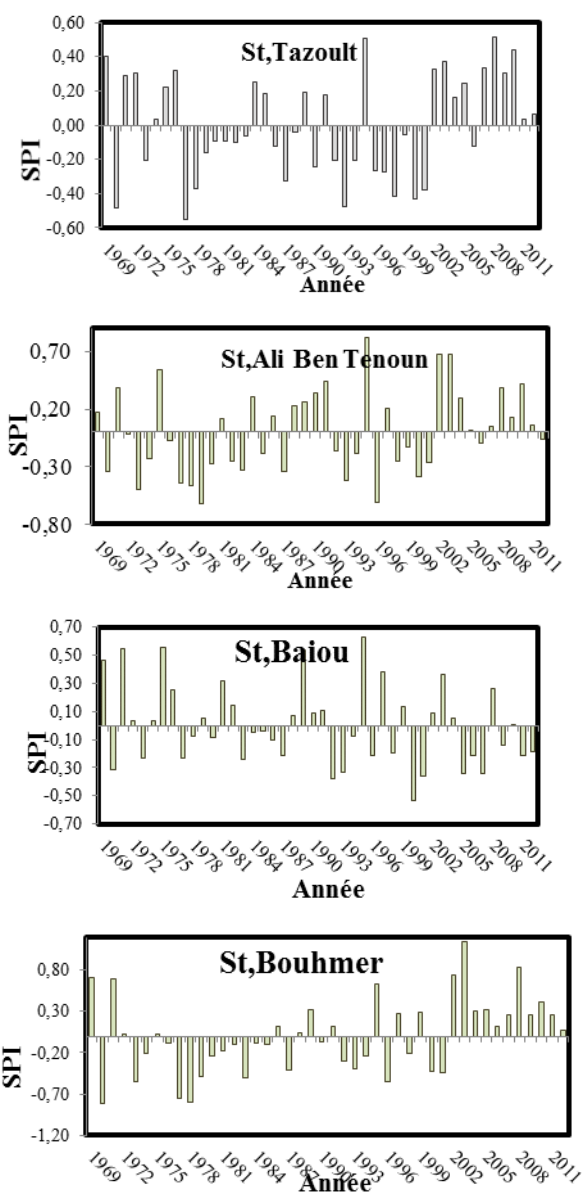


Figure 02 : Evolution de l'indice pluviométrique des stations

Ces dernières figures montrent que toutes les stations ont connu deux périodes humides et une période sèche sauf la station de Baiou, comme suit :

Pour la totalité des stations, la phase 1969-2012 se décompose en trois cycles, humide en début de série (1969-1976), sèche au milieu de la série entre 1976 et 2001 sauf la station de Baiou qui continuera jusqu'à la fin de la période d'étude et enfin, un retour des conditions humides à partir de cette dernière date et jusqu'en 2012.

Durant cette période les sécheresses enregistrées ont été dans l'ensemble légères (seule l'année 1976 est caractérisée par un indice de la classe « sécheresse modérée » de -1,08). Les cycles humides ont atteint des seuils modérés en 1995 et 2008 avec respectivement +1,25 et +1,34.

L'interprétation des graphes repose sur la classification du SPI. Un tableau récapitulatif du nombre d'années de chaque type de sécheresse est établi pour les différentes stations en pourcent (Tab. 2).

Tableau 02 : Nombre d'année en (%) correspondant à chaque valeur du SPI pour chaque station durant la période 1969/70-2012/13

Station	Code	Degré de la sécheresse						
		H.E Humidité extrême (IPS >2)	H.F Humidité forte (1<IPS<2)	H.M Humidité modérée (0<IPS<1)	N année normale	S.M Sécheresse modérée (-1<IPS<0)	S.F Sécheresse forte (-2<IPS<-1)	S.E Sécheresse extrême (IPS<-2)
TAZOULT	07 03 03	0%	23%	23%	7%	28%	19%	0%
ALI BEN TENOUN	07 03 04	2%	16%	23%	9%	33%	16%	0%
BAIOU	07 04 07	2%	16%	26%	7%	33%	16%	0%
BOUHMAR	07 04 08	2%	12%	30%	7%	33%	16%	0%
TIMGAD	07 04 09	2%	16%	30%	5%	28%	16%	2%
SIDI MANCAR	07 04 10	2%	9%	26%	14%	26%	23%	0%

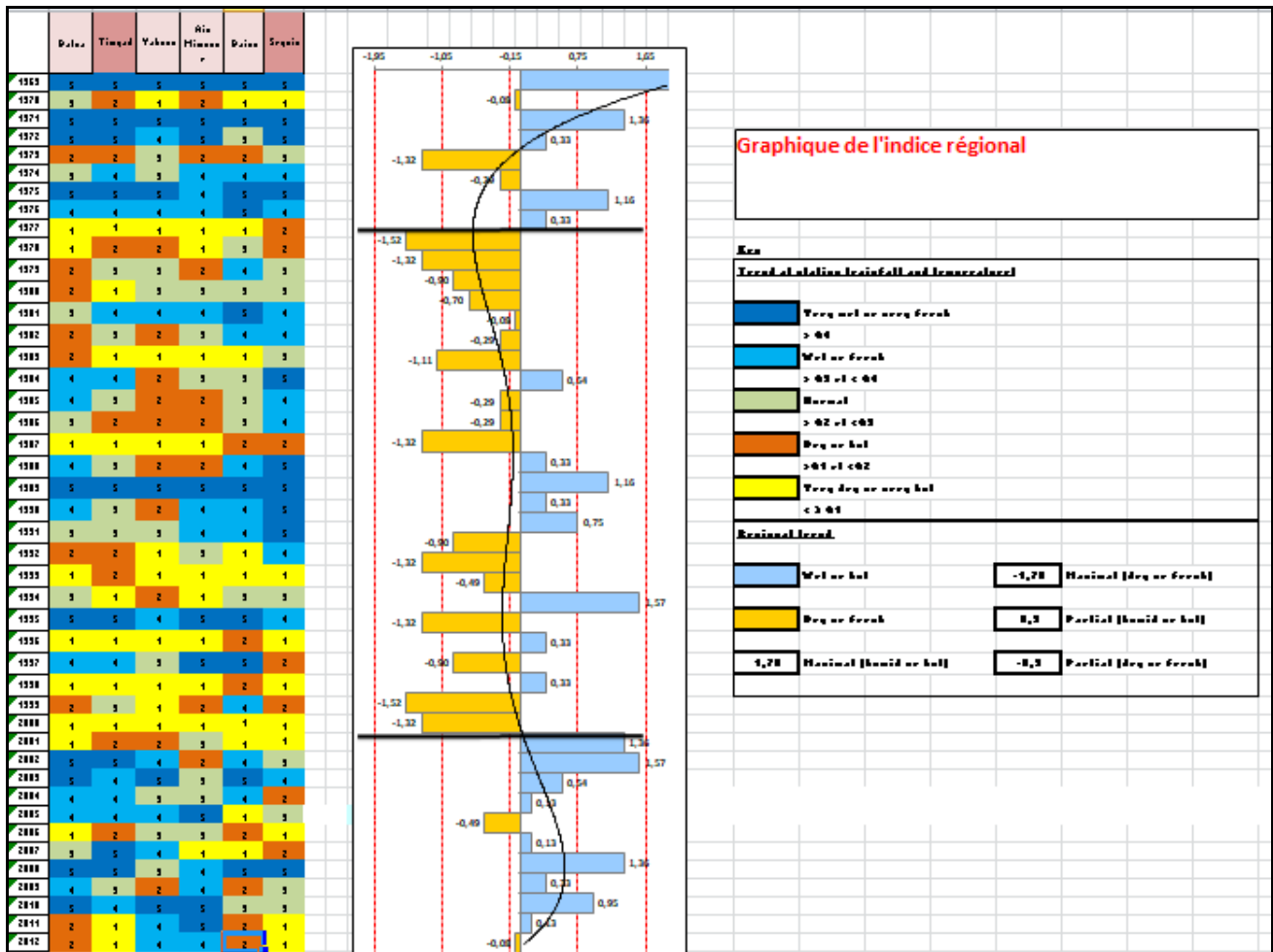


Figure 3. Matrice MGCTI appliquée à la pluviométrie observée dans le bassin de Timgad [1969-2012]

Pour mettre en valeur cette variation interannuelle des précipitations la matrice BERTIN a été utilisée pour les stations retenues.

B- Matrice BERTIN

L'analyse de la pluviométrie du bassin versant de Timgad par la matrice « MCGTI » permet d'avoir une approche à deux dimensions (temps et espace) (fig. 3) et de ce fait permet de bien visualiser la situation pluviométrique de la région. Ce que l'on note en premier

c'est d'abord, la forte variabilité des valeurs exprimées par une absence d'homogénéité des plages de couleurs sur les grandes périodes (déterminée grâce au changement de cycle détecté sur l'indice régional) (NOUACEUR ; 2015). Ensuite, une tendance à une certaine conformité à partir de 2001 est plus uniforme sur toute la région. Nous retrouvons ainsi les trois phases qui ont marqué la pluviométrie de la région d'étude :

- La première phase, de 1969 à 1976, est considérée comme normale à tendance humide. Mais, en fait, elle regroupe 57 % d'années humides et très humides, 35 % d'années sèches et très sèches, et seulement 13 % d'années normales.
- La deuxième phase commence en 1977 et se termine en 2001. Une baisse significative des années humides et très humides se produit dans toutes les stations (36 % d'années humides et très humides, 14 % d'années normales et 47 % d'années sèches et très sèches). Les années 1996, 1998, 2000 et 2001 se démarquent par un très fort pourcentage de stations en année sèche à très sèche (100 % en 2000 et plus de 70 % en 1997 et 1999).
- La dernière phase, de 2002 à 2013, est caractérisée par une augmentation des années humides ou très humides (74 %) et des années normales (21 %), dont le total atteint le plus fort taux de la série pluviométrique. Elle est aussi marquée par le plus faible pourcentage d'années sèches et très sèches depuis 1970 (21,3 %).

La méthode de la matrice « MCGTI » confirme qu'il y a un accord avec l'indice SPI durant les cycles considérés, humide, sec et humide.

C. Détection de rupture

1. Test de PETTITT :

Les résultats de ce test sont consignés dans le tableau 3. L'analyse des résultats montre que toutes les stations présentent des ruptures avec un niveau de signification qui varie d'un poste à un autre. Ce niveau de signification traduit ici l'importance réelle ou non d'un changement de la moyenne au sein de la série pluviométrique.

On constate que la rupture se produit chaque début de décennie en certaines stations, telles que la station de Timgad qui présente une rupture l'année 1969. Les stations de Baiou et Sidi Mancer présente quant à elles des ruptures respectivement pour les années 1992 et 2002.

La variation de rupture de la période de 1969 à 1982 est marquée par une diminution de la pluviométrie moyenne annuelle. Elle est confortée par les chercheurs : Medjrab, 2005; Meddi et al.2007; Bekkoussa et l. 2008; Meddi et al. 2010; Taibi, 2011) ; L'analyse des séries temporelles de précipitations indique une rupture à partir des années 1970, et la décennie 1980 a été la plus déficitaire.

Tableau 3 : Caractéristiques des séries pluviométriques selon le test de PETTITT

Stations	Longueur de la série en années	Année de rupture	Probabilité associée	Niveau de signification
St, Tazoult	43	2001	4,18	Significatif
St, Ali Ben Tenoun	43	1969	3,95	Significatif
St, Baiou	43	1991	4,61	Significatif
St, Bouhmer	43	2001	2,18	Significatif
St, Timgad	43	1976	2,15	Significatif
St, Sidi Mancer	43	2001	5,55	Peu significatif

Un niveau de signification du test de PETTITT a été attribué à chaque station selon la classification dressée dans le tableau 4. Des ruptures peu significatives ont été signalées sur deux stations celles de Sidi Mancer une probabilité de dépassement de 5.55 % et celle de Timgad 9.83 % et à Baiou 4.6 %. Par ailleurs, aucune absence de rupture (série homogène) n'a été enregistrée par ce test dans la région.

Tableau 4 : Niveau de signification des résultats du test de PETTITT

Probabilité associée	Probabilité associée	Classe
$\alpha > 1 \%$	Rupture très significative	3
$1 \% < \alpha > 5 \%$	Rupture significative	2
$5 \% < \alpha > 20 \%$	Rupture peu significative	1
$\alpha > 20 \%$	Série homogène	0

Pour confirmer les résultats obtenus nous avons jugé intéressant d'utiliser un autre test de rupture, celui de LEE et HEGHINIAN

2. Test de rupture de LEE et HEGHINIAN

Les résultats du test de rupture de LEE et HEGHINIAN appliqué aux séries pluviométriques sont présentés par le tableau 5. Ce test confirme également la présence de rupture dans les séries pluviométriques de la région. En effet, il permet de détecter l'année à laquelle la rupture s'est produite. L'analyse des résultats montre qu'à l'exception des stations de Baiou et de Timgad où un décalage de la période de rupture est observé, la date de rupture est identique à celle donnée par le test de PETTITT à Sidi Mancer.

Tableau 5 - Ruptures des séries pluviométriques selon le test de LEE et HEGHINIAN

Stations	Longueur de la série en années	Année de rupture
St, Tazoult	43	2001
St, Ali Ben Tenoun	43	2001
St, Baiou	43	1969
St, Bouhmer	43	2001
St, Timgad	43	1972
St, Sidi Mancer	43	2001

Pour trancher sur le nombre de ruptures pluviométriques retenues, l'application des tests de Pettitt, de Lee et Heghinian (Tableau 3 et 4) ont permis de détecter des ruptures dans les décennies 70,90 et 2000 en accord avec l'évolution des indices observés précédemment.

L'année 2001 apparaît pour quatre postes pluviométriques comme l'année de rupture ceci confirme le résultat obtenu pour le test de Pettitt et les SPI.

Ces résultats corroborent avec celles de l'étude de Nouaceur qui affirme que les longues sécheresses observées dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix et qui confirme le retour de pluie durant les dernières années de la série (2002 - 2006).

Mahé et al. (2000) dans leur étude sur le Bani et Kouakou et al. (2007) sur le bassin versant de la Comoé, ont observé des ruptures pluviométriques entre les années 1968 et 1970. C'est aussi le cas de Goula et al. (2006) sur le bassin du N'zi en Côte d'Ivoire. Cette rupture montre que le bassin versant de Timgad s'intègre bien dans la fluctuation générale du régime pluviométrique observée à la fin des années 1960 en Afrique de l'est.

Tout comme l'Afrique de l'Ouest et centrale, les pays d'Afrique du Nord n'échappent pas non plus à cette variabilité climatique. En Algérie, les travaux de H. MEDDI et al. (2009) montrent une baisse des précipitations annuelles qui dépasse 36 % dans la région de Mascara et dans l'extrême Ouest. Dans le même ordre d'idée, une étude d'A. KINGUMBI *et al.* (2000) met en évidence une baisse significative des précipitations annuelles en Tunisie centrale, entre 1976 et 1989.

VI. CONCLUSION :

A travers les résultats précédents, l'analyse de la pluviométrie depuis plus de quarante ans a révélé d'une manière très significative les périodes caractéristiques la région semi-aride (période pluvieuse s'étale de 1969/70 à 1976/77 et la période de sécheresse pour les années 1977/78 à 2001/02, retour des pluies à partir de l'année 2002 à la fin de la période d'étude, qui confirmé par la méthode SPI et la méthode MGCTI et les années de changement confirment par les tests de ruptures.

REFERENCES

ANRH. (2011),.

Belagoune F. (2012),. Etude et modélisation des crues des cours d'eau en milieu semi-aride. Cas des grands bassins versants 05, 06,07. Mémoire de Magister en hydraulique. Univ.Kasdi Merbah .Ouargla.

B. Yaoi, B. Goulal, Z. et al. (2012).Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la Lobo au centre-ouest de la Cote d'Ivoire .Rev. Ivoir. Sci. Technol.vol. 19 p. 136 – 157

Cheikh FAYE et al .2015. Etude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale ; caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, Vol 9 p.17-35.

Guidoum .A (2004), Etude Hydrologique du bassin versant de l'Oued Chemora à la station de Chemora (W.de Batna, Est algérien) Mémoire de Magister .Univ Hadj Lakhdar .Batna

Meddi.H.(2009) - Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Sécheresse*, vol. 20, n° 1, p. 57-65.

Meddi .M. 2003. Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie. *Hydrology of die Mediterranean and Semiarid Regions*. IAHS Publ. Nu° 278 p 229-235.

Nouaceur Z., 2008 : Évolution des températures depuis plus d'un demi-siècle, Publications de l'Association Internationale de Climatologie, Volume 21, 489 – 497.

Nouaceur Z., 2009 : Évolution des précipitations depuis plus d'un demi-siècle en Mauritanie, Geographia Technica. Numéro spécial, 361 – 366.

Nouaceur Z.et Laignel .B, 2013 et Imen Turki 2013 : Changements climatiques au Maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien, *Physio-Géo* Volume 7 ,307-327.

Nouaceur Z.et Laignel .B, 2015 : Caractérisation des événements pluviométriques extrêmes sur la rive sud du bassin méditerranéen : étude du cas du « quart nord-est »algérien, Publications de l'Association Internationale de Climatologie, volume 41, 573 – 278.

Tatar.H et Regad. N. (2015) Variabilité climatique et ressources en eau en milieu semi-aride : Cas des bassins versants des Oueds Chemora, Reboa et Gueiss. (Hauts plateaux constantinois. Algérie), Rev Analele de Géografie Bucuresti n°925 p 19-36. 2015