

## CARACTÉRISATION DES ÉVÉNEMENTS PLUVIOMÉTRIQUES EXTRÊMES SUR LA RIVE SUD DU BASSIN MÉDITERRANÉEN : ÉTUDES DU CAS DU « QUART NORD-EST » ALGÉRIEN

NOUACEUR Z. <sup>(1)</sup>, LAIGNEL B. <sup>(2)</sup>

(1) UMR IDÉES CNRS 6226, 1 rue Thomas Becket, 76 821, Mont – Saint- Aignan Cedex, France  
[zeineddine.nouaceur@univ-rouen.fr]

(2) UMR CNRS 6143 M2C. 1 rue Thomas Becket, 76 821, Mont – Saint- Aignan Cedex, France  
[benoit.laignel@univ-rouen.fr]

(\*) Projet PHC Maghreb 30254WL

**Résumé** - Pour caractériser les événements pluviométriques extrêmes, une analyse de la pluviométrie est proposée sur une période de plus de quarante ans de mesure et pour dix stations du réseau météorologique algérien (situées dans le quart nord-est de ce pays). Cette étude qui s'appuie sur le calcul de l'indice SPI (Standardized Precipitation Index) et sur la méthode graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI) permet de rendre compte de l'extrême variabilité des pluies. Elle montre aussi 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. Elle met aussi en évidence, le retour vers une phase humide notée à partir du début des années deux mille.

**Mot-clés** : sécheresse, pluie extrême, retour des pluies.

**Abstract - Characterization of the extreme rainfall events on the south shore of the Mediterranean: case study of the Algerian northeast quarter.** To characterize extreme rainfall events, an analysis of rainfall is done for a period of more than forty years on ten measuring stations of the Algerian meteorological network (located in the northeast quarter of the country). This study is based on the calculation of Standardized Precipitation Index (SPI) and on the chronological matrix of treatment of information (MGCTI) the results shows the extreme variability of rainfall and the long drought observed in this region since the late seventies. It also highlights the return to a wet phase noted from the last period (2002-2010).

**Keywords:** drought, extreme rain, rainfall return.

### Introduction

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 (Tn) est cependant plus nette dans cette partie de l'Afrique du Nord (Nouaceur *et al.*, 2013 ; Donat *et al.*, 2013).

L'évolution de la pluviométrie mondiale est beaucoup plus contrastée, puisqu'elle est soumise à une forte variabilité spatio-temporelle. Malgré ce constat et compte tenu de l'augmentation des températures, une hausse probable des précipitations est attendue. En effet, l'accélération du cycle hydrologique sous l'effet des fortes températures pourrait entraîner plus de précipitations et d'évaporation (OMM, 2013). Certaines études montrent que ce changement se traduit par une intensification des pluies et une récurrence des événements extrêmes (plus perceptible sur les dernières décennies 1991- 2010) (OMM, 2013) (New *et al.*, 2001 ; Christensen *et al.*, 2007).

Située sur la rive méridionale du bassin méditerranéen, l'Algérie est un vaste territoire de près de 2,5 millions de km<sup>2</sup> qui s'étend vers le sud jusqu'à la latitude tropicale 18° 57', point le plus méridional. Les trois quarts de l'espace algérien sont soumis aux influences climatiques sahariennes (hyperaride, aride et semi-aride). Les plaines littorales (1.200 km d'est en ouest) sont séparées des hautes plaines et des hauts plateaux de l'intérieur par le grand massif de l'Atlas Tellien et bénéficient ainsi d'un climat plus clément et plus arrosé. À ce gradient nord-sud, la pluviométrie algérienne est soumise aussi à une variabilité « est-ouest » (les régions nord-est sont largement plus arrosées que celles situées au nord-ouest de ce pays).

## 1. Méthodes et données

L'analyse de la pluviométrie est faite sur des données issues de dix stations de mesure qui disposent de données fiables et ininterrompues sur une longue période (tableau 1, figure 1).

**Tableau 1.** Caractéristiques des stations utilisées pour cette étude

Station	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Altitude (m)	Topographie	Réseau	N° Matrice MGCTI
Ain Djasser	35,83	6,00	865	Haut plateau	ANRH	9
Annaba	36,50	7,49	4	Littoral	ANRH	3
Batna	35,55	6,16	1040	Haut plateau	ANRH	7
Bejaïa	36,43	5,04	2	Littoral	ONM	1
Belaa	36,20	5,85	990	Haut plateau	ANRH	4
Skikda	36,53	6,54	1,3	Littoral	ONM	2
Constantine	36,17	6,37	694	Haut plateau	ONM	6
Dar El Beida	36,43	3,15	25	Littoral	ONM	10
Fourchi	35,99	6,57	775	Haut plateau	ANRH	5
Tébessa	35,29	8,08	813	Haut plateau	ONM	8



**Figure 1.** Carte de localisation des stations pluviométriques utilisées pour cette étude

Pour analyser les valeurs extrêmes, nous utilisons les méthodes issues du calcul de l'indice SPI « Standardized Precipitation Index » et de l'application de la matrice graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI) de type « Matrice Bertin ».

L'indice SPI a été mis au point par l'université du Colorado en 1990 (McKee, 1993). Il correspond à la transformation de la série temporelle des précipitations en une distribution normale standardisée de moyenne nulle et d'écart-type unitaire, également appelée z-distribution, distribution normale ou distribution gaussienne, il est obtenu en ajustant une densité de probabilité appropriée à la distribution de fréquences des précipitations moyennées

sur une échelle de temps définie. (<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi-program-alternative-methode.pdf>) (<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi.pdf>). L'intensité des événements est évaluée selon la valeur de l'indice obtenu suivant l'échelle présentée dans le tableau 2.

La méthode (MGCTI) a été développée en 2013 (Nouaceur *et al.*, 2013), elle associe l'utilisation des paramètres statistiques de dispersion à une application graphique utilisée en géographie (la matrice Bertin). Appliquée aux données de précipitations, cette méthode permet d'analyser dans un premier temps la répartition spatio-temporelle du paramètre climatique et de déterminer dans un deuxième temps les dates de changements de cycles grâce à l'analyse régionale. Un premier classement par année par rapport aux valeurs limites quintiles (Q1, Q2, Q3 et Q4) est effectué pour toutes les stations et sur toute la série selon la nomenclature présentée dans le tableau 2. Cette procédure est suivie d'un recodage des valeurs grâce à une gamme de couleurs (la couleur variant suivant la position du cumul pluviométrique annuel par rapport aux valeurs limites). Ce premier traitement est suivi d'une procédure de réordonnement (permutations de colonnes) afin d'obtenir un classement qui permet de visualiser une structure colorée homogène schématisant l'évolution de la pluviométrie selon deux dimensions (temps et espace). 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) à 5 (année très humide) à chaque année suivant les caractères déjà déterminés. La somme des nombres de toutes les stations pour chaque année est centrée réduite, ce qui permet d'obtenir ainsi un indice qui varie de + 1,80 pour une année très humide à - 1,80 pour une année très sèche. La projection du résultat sur un graphique permet de voir l'évolution du phénomène à une échelle régionale dans un premier temps et dans un deuxième temps, de déterminer les dates de ruptures et de changement de tendance.

**Tableau 2.** Nomenclature de l'indice SPI et de la Matrice MGCTI

SPI			
2 < SPI	Humidité extrême	0 < SPI < -0.99	Sécheresse légère
1.5 < SPI < 1.99	Humidité sévère	-1 < SPI < -1.49	Sécheresse modérée
1 < SPI < 1.49	Humidité modérée	-1.5 < SPI < -1.99	Sécheresse sévère
0 < SPI < 0.99	Humidité légère	SPI < -2	Sécheresse extrême
MGCTI			
> Q4	Très humide	> Q1 < Q2	Sèche
> Q3 < Q4	Humide	< Q1	Très sèche
> Q2 < Q3	Normale		

## 2. Résultats

### 2.1. Un indice SPI qui montre une légère disparité nord-sud

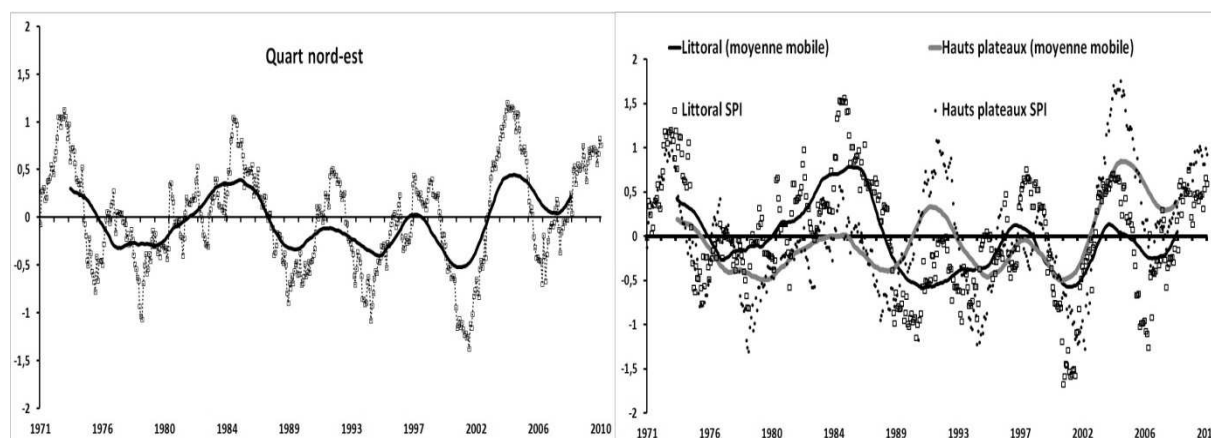
La figure 2 (A) présente une synthèse des résultats régionaux. L'indice SPI calculé pour une durée de 24 mois (moyenne mobile sur 24 mois) dévoile trois phases caractéristiques (déterminées graphiquement) :

- 1971-1986 : cette phase se décompose en trois cycles, humide en début de série (1971-1975), sec au milieu de la série entre 1976 et 1982 et enfin, un retour des conditions humides à partir de cette dernière date et jusqu'en 1986. Durant cette période les sécheresses enregistrées ont été dans l'ensemble légères (seule l'année 1979 est caractérisée par un indice de la classe « sécheresse modérée » de -1,06). Les cycles humides ont atteint des seuils modérés en 1973 et 1985 avec respectivement +1,05 et +1,01.

- 1987-2002 : cette période est marquée par la prépondérance des conditions de sécheresse (les indices SPI négatifs sont majoritaires et le seuil de sécheresse « légère » est dominant). Le seuil modéré n'est atteint qu'à deux reprises en 1994 et en 2001 (l'indice SPI calculé pour les deux années est évalué à respectivement -1,08 et -1,37).

- 2003-2010 : la pluviométrie enregistrée durant cette phase indique une période plus humide que la précédente. Un retour des pluies est noté et en 2004, on note l'enregistrement d'un indice SPI de + 1,20 (humidité modérée et valeur maximale de la série étudiée). Les indices SPI sont majoritairement positifs sauf entre 2006 et 2008. Malgré ce retour de conditions plus drastiques, les valeurs de l'indice de sécheresse SPI indiquent sur cette courte période une sécheresse légère ne dépassant pas -0,69 (valeur atteinte en 2007).

La figure 2 (B) présente les résultats locaux. Celle-ci va nous permettre de déterminer les différences qui existent entre l'évolution de la pluviométrie enregistrée sur le littoral (altitude variant de 1,3 m à 25 m) et celle observée sur les hauts plateaux de l'intérieur du pays (altitude variant de 694 à 1040 m). Cette figure nous montre des vicissitudes comparables des deux courbes (moyenne mobile lissée sur 48 mois). Nous retrouvons ainsi les trois phases déjà évoquées lors de la précédente analyse pour l'ensemble du territoire du quart nord-est algérien :



**Figure 2.** Évolution de l'indice SPI dans le quart nord-est algérien, sur le littoral et dans les hauts plateaux

- Une première période entre le début de la série et 1987, marquée par trois évènements différents sur le littoral. Un cycle humide est noté en début de cette période. Il est suivi d'un cycle de sécheresse (1976-1980) et enfin, à partir de cette dernière année et jusqu'en 1988, on note une nouvelle période humide. Sur les hauts plateaux, malgré une parfaite symétrie dans l'allure des deux courbes (moyennes mobiles), cette dernière région est beaucoup plus sensible à la sécheresse climatique (les indices SPI dépassent -1 (seuil de sécheresse modérée) en 1978 et 1979. La phase humide notée sur le littoral à partir de 1980 est moins ressentie sur les hauts plateaux. La courbe des moyennes mobiles ne dépasse pas la ligne de partage « 0 » et la sécheresse enregistrée sur cette région est ainsi qualifiée de légère.

- La deuxième période qui commence à partir de 1988 et se termine en 2002 est caractérisée pour le littoral par une longue phase de sécheresse climatique ponctuée par quelques années où la pluviométrie enregistre une humidité légère (seuil du SPI compris entre 0 et +1 entre les années 1995 et 1999). Pour les hauts plateaux, ce que l'on note en premier c'est que la période 1990-1993 est marquée par des indices SPI (positifs) contrairement à ce qui est observé sur le littoral (tendance à la sécheresse marquée par des indices SPI négatifs). À partir de 1995, les courbes traduisent une même évolution dans les deux régions (cette tendance pourrait être expliquée par l'influence de la hausse des températures observée ces dernières années dans ces régions sur le cycle de l'eau).

- La troisième période commence à partir de 2002. C'est un nouveau cycle pluviométrique marqué par une tendance générale plus humide, mais plus affirmée sur les hauts plateaux (l'indice SPI exprime ainsi pour cette région une humidité modérée en 2004 et 2005). Sur le

littoral, la pluviométrie après avoir marqué cette évolution entre 2003 et 2004, enregistre un retour vers les conditions drastiques entre 2005 et 2008.

## **2.2. Une méthode « MGCTI » qui permet de mieux mettre en évidence les différents cycles pluviométriques**

L'analyse de la pluviométrie du quart nord-est algérien grâce à la matrice « MCGTI » permet d'avoir une approche à deux dimensions (temps et espace) (figure 3). Ce que l'on note en premier c'est sans aucun doute 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). Mais aussi par une importante fluctuation des valeurs (entre la plage positive et négative) de ce dernier paramètre. On peut noter cependant que la tendance de la dernière période à partir de 2001 est plus uniforme sur toute la région. Nous retrouvons ainsi les trois phases qui ont marqué la pluviométrie algérienne :

- Une phase marquée par une forte variabilité de 1970 à 1986. Sur cette période, la matrice ne permet pas d'identifier une tendance spécifique. Si l'on regarde l'évolution de l'indice régional, on peut noter une presque égalité entre le nombre d'années avec un indice positif (9) et celles avec un indice négatif (8).

- À partir de cette date, une période plus sèche est notée. Elle est matérialisée sur la matrice colorée par une forte diminution des années humides et très humides. Elle apparaît sur l'indice régional par une plus grande fréquence des années sèches et très sèches (on compte 8 années de cette dernière catégorie à peu près le double du nombre d'années humides et très humides).

- Un retour des années humides à partir de l'année 2001 apparaît nettement sur la matrice colorée (plus grande fréquence des années humides et très humides) et un indice régional majoritairement humide.

L'autre remarque que l'on peut faire concernant cette deuxième méthode d'analyse est liée aussi à la perception spatiale de l'évolution du phénomène climatique. Nous pouvons l'appréhender, par exemple, grâce à l'étude de l'évolution pluviométrique sur le littoral. La pluviométrie dans les stations de Bejaïa (1), Skikda (2) et Annaba (3) semblent suivre une même évolution, tandis que la station de Dar El Beida (10) n'obéit pas aux mêmes fluctuations (et notamment sur la dernière période de la série). Cette station marque la limite du gradient pluviométrique est-ouest (l'Ouest algérien est soumis à l'effet orographique d'abri par rapport à la chaîne de l'Atlas marocain d'une part et d'autre part, échappe par sa position géographique à l'influence de la cyclogenèse du courant nord-ouest). La perception temporelle de l'évolution de la pluviométrie est plus nette aussi à travers l'étude d'année pluviométrique spécifique. Un exemple est fourni par la prépondérance des conditions de sécheresse en 1999 et 2000 (indice régional respectivement de + 1,26 et + 1,63) et le retour des conditions humides entre 2002 et 2004 (indices enregistrés de +1,35) et pour l'année 2009 (indice régional de + 1,53).

## **Conclusion**

L'analyse de la pluviométrie dans le quart nord-est algérien a montré trois phases d'évolution. Une première phase marquée par une forte variabilité, une longue période de sécheresse à partir du milieu des années mille neuf cent quatre-vingt et un retour des pluies à partir du début des années deux mille, mais plus confirmé sur les régions des hauts plateaux. L'utilisation de la méthode MGCTI a permis de montrer la plus grande facilité d'interprétation des résultats. La méthode SPI a permis en revanche de bien mettre en évidence les contrastes régionaux existant entre le littoral et les régions des hauts plateaux.

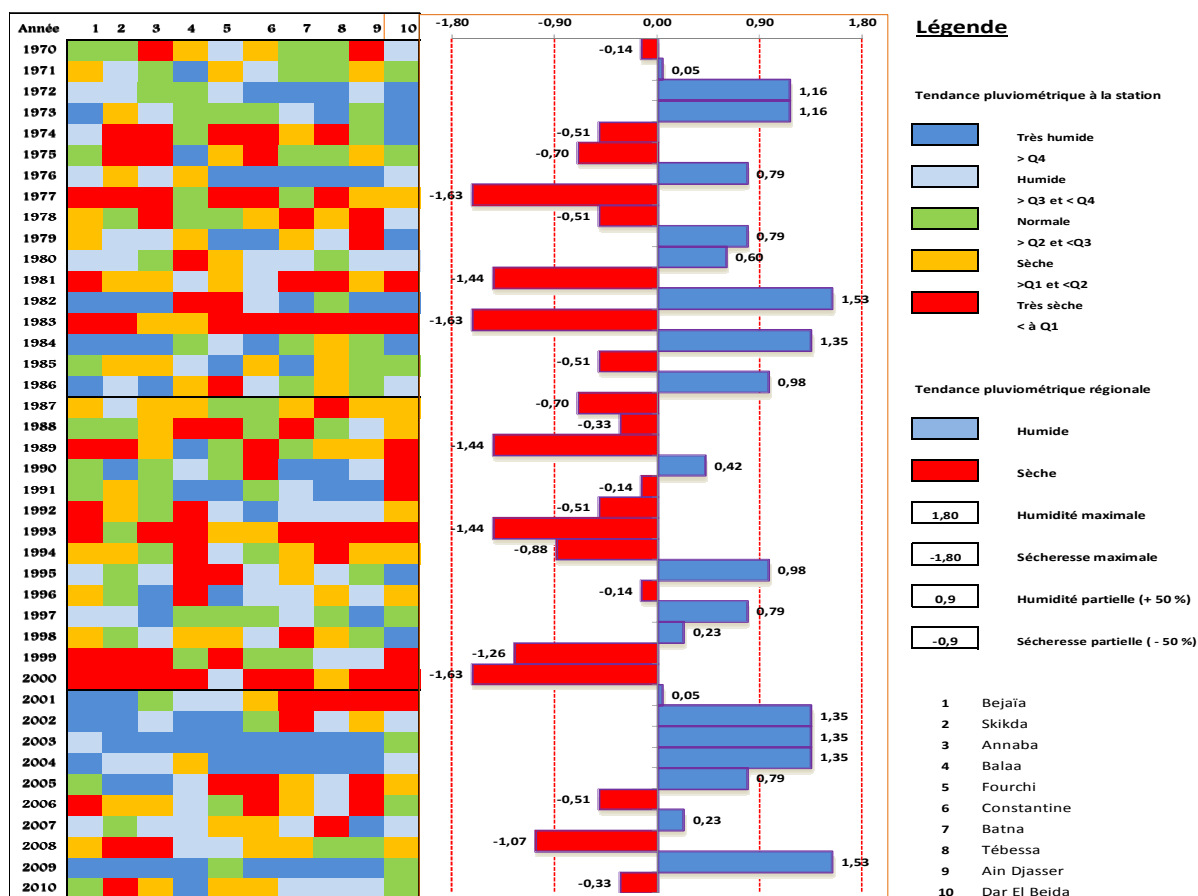


Figure 3. Matrice MGCTI appliquée à la pluviométrie observée dans le quart nord-est algérien [1970-2010]

## Bibliographie

Christensen JH, Hewitson B, Busuioic A, Chen A, Gao X, Held I *et al.*, 2007 : Regional Climate Projections. In : *Climate Change 2007: The physical Sciences Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M and HL Miller (eds.) Cambridge University Press : Cambridge, New York, 847-940. <https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter11.pdf>.

Donat M.G., Peterson T.C, Brunet M., King A.D., Almazroui M., Kolli R.K., 2013 : Changes in extreme temperature and precipitation in the arab region : long-term trends and variability related to ENSO and NAO. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3707.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) GIEC., 2013 : Changements climatiques en 2013, Les éléments scientifiques, résumé à l'intention des décideurs, service d'appui technique du groupe de travail I GTI, [https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf), 34.

New M., Todd M., Hulme M., Jones P., 2001 : Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology*, **21**(15), 1889-1922.

Nouaceur Z, Laignel B, Turki I., 2013 : Changements climatiques au Maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien ? *Physio-Géo*, Volume **7**, <http://physio-geo.revues.org/3686> ; DOI : 10.4000/physio-geo.3686.

OMM, 2013 : Déclaration de l'OMM sur l'état du climat en 2012, **1119**, 15 p.

MCKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993 : The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, **17-22** January 1993, Anaheim, California, 179-184.

[<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi-program-alternative-methode.pdf>],

[<http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi.pdf>].