Document generated on 04/18/2025 10:30 p.m.

Revue des Sciences de l'Eau
Journal of Water Science

Variabilité pluviométrique dans le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff
Rainfall variability in the Upper and Middle Cheliff watershed

Sekina Amiar, Abderrazak Bouanani, Kamila Baba-Hamed and Halima Belarbi

Volume 32, Number 4, 2020

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1069569ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1069569ar

See table of contents

Publisher(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Amiar, S., Bouanani, A., Baba-Hamed, K. & Belarbi, H. (2020). Variabilité pluviométrique dans le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff. *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, *32*(4), 337–347. https://doi.org/10.7202/1069569ar

Article abstract

Algeria, an arid to semi-arid country, is highly vulnerable to climate change. Rainfall is limited in the coastal zone, uncertain or even non-existent towards the South, and is particularly vulnerable to the negative effects of global warming. There is a downward trend in rainfall since 1975 and the rising phase is not yet ready to begin.The purpose of this work is to analyze the interannual variability of the rainfall time series of 17 stations in the Upper and Middle Cheliff watershed over the period 1972/73-2012/13 (42 years). The seven-year moving average method and non parametric statistical tests (Pettitt and Mann-Kendall) have been used to analyze these time series. This analysis shows the existence of a succession of wet (1972/73 to 1979/80) and dry (1979/80 to 2005/06) sequences common to 14 stations. The rupture date detected for the majority of the stations is between the end of the 1970s and the middle of the 1980s. Indeed, 6 stations out of 17 have a regular rainfall pattern, while the remaining 11 stations have a rainfall deficit that fluctuates between 16% and 29%.

Tous droits réservés © Revue des Sciences de l'Eau, 2020

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

RSE

VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DU HAUT ET MOYEN CHELIFF

Rainfall variability in the Upper and Middle Cheliff watershed

Sekina AMIAR[1, 2], Abderrazak BOUANANI[1, 2], Kamila BABA-HAMED[1, 2], Halima BELARBI[3]*

[1]Faculté de Technologie, Université Abou-Bakr Belkaïd, Tlemcen, 13000, Algérie
[2]Laboratoire No 25, Université Abou-Bakr Belkaïd, Tlemcen, 13000, Algérie
[3]Institut des Sciences et de la Technologie, Centre Universitaire de Maghnia, 13300, Algérie

Reçu le 18 septembre 2019, accepté le 11 novembre 2019

RÉSUMÉ

L'Algérie, un pays aride à semi-aride, est très vulnérable aux changements climatiques. La pluviosité limitée sur sa zone côtière, incertaine, voire inexistante vers le sud, est particulièrement sensible aux effets négatifs du réchauffement climatique. La tendance est à la baisse depuis l'année 1975 et la phase ascendante des pluies n'est pas encore prête d'être amorcée. C'est dans cette perspective que se situe le présent travail qui a pour objectif d'analyser la variabilité interannuelle des séries chronologiques de 17 stations pluviométriques du bassin versant du Haut et Moyen Cheliff sur la période 1972/73-2012/13 (soit 42 ans). Ces séries chronologiques sont soumises à la méthode de la moyenne mobile à sept ans et à des tests statistiques non paramétriques de rupture (Pettitt et Mann-Kendall). Cette analyse fait apparaitre une alternance de périodes humides 1972/73 à 1979/80 et d'autres sèches 1979/80 à 2005/06 communes à 14 stations. La date de rupture décelée pour la majorité des séries analysées se situe entre la fin des années 1970 et le milieu des années 1980. En effet, 6 stations sur 17 présentent une régularité du régime pluviométrique. Les 11 stations restantes enregistrent un déficit pluviométrique qui oscille entre 16 et 29 %.

Mots-clés : variabilité, précipitations, sécheresse, tests statistiques, oued Cheliff.

ABSTRACT

Algeria, an arid to semi-arid country, is highly vulnerable to climate change. Rainfall is limited in the coastal zone, uncertain or even non-existent towards the South, and is particularly vulnerable to the negative effects of global warming. There is a downward trend in rainfall since 1975 and the rising phase is not yet ready to begin.The purpose of this work is to analyze the interannual variability of the rainfall time series of 17 stations in the Upper and Middle Cheliff watershed over the period 1972/73-2012/13 (42 years). The seven-year moving average method and non parametric statistical tests (Pettitt and Mann-Kendall) have been used to analyze these time series. This analysis shows the existence of a succession of wet (1972/73 to 1979/80) and dry (1979/80 to 2005/06) sequences common to 14 stations. The rupture date detected for the majority of the stations is between the end of the 1970s and the middle of the 1980s. Indeed, 6 stations

*Auteur pour correspondance :
Téléphone : 213 664 88 48 97
Courriel : sasaamiar@yahoo.fr

out of 17 have a regular rainfall pattern, while the remaining 11 stations have a rainfall deficit that fluctuates between 16% and 29%.

Key words*: *variability, rainfall, drought, statistical tests, Cheliff River.

1. INTRODUCTION

Le changement climatique observé ces dernières décennies est étroitement lié aux variations d'un certain nombre de composantes du cycle hydrologique, telles que la modification du régime de l'intensité et des extrêmes des précipitations, la fonte généralisée de la neige et de la glace, l'augmentation de la vapeur d'eau atmosphérique et de l'évaporation ainsi que les modifications de l'humidité du sol et du ruissellement. Tous les éléments du cycle hydrologique sont sujets à une forte variabilité naturelle sur des échelles de temps interannuelles à décennales qui masque souvent les tendances à long terme (BATES *et al.*, 2008).

Les changements dans les précipitations sont très variables à l'échelle spatiale et d'une décennie à l'autre. Au cours du XXe siècle, les précipitations ont surtout augmenté sur les continents dans les latitudes les plus septentrionales, tandis que des diminutions ont principalement touché les latitudes comprises entre 10° S et 30° N depuis les années 1970 (BATES *et al.*, 2008).

À l'échelle mondiale, les précipitations présentent une forte variabilité décennale, avec une période relativement humide des années 1950 aux années 1970, suivie d'une baisse des précipitations. Les moyennes mondiales sont essentiellement marquées par des précipitations tropicales et subtropicales. Les tendances négatives des précipitations annuelles les plus importantes depuis 1901 sont observées en Afrique de l'Ouest et au Sahel, bien que de nombreuses autres régions de l'Afrique et l'Asie australe aient connu des tendances à la baisse. En Afrique occidentale, une diminution des précipitations annuelles a été observée depuis la fin des années 1960, avec une réduction de 20 à 40 % pendant la période allant de 1968 à 1990, par comparaison à la période 1931-1960 (NICHOLSON et SELATO, 2000; CHAPPELL et AGNEW, 2004; DAI *et al.*, 2004).

À l'échelle locale, l'Algérie est un des pays arides à semi-arides les plus exposés au phénomène de changement climatique (BAKRETI *et al.*, 2013). La pluviosité limitée sur sa zone côtière, incertaine, voire inexistante vers le sud, est particulièrement exposée aux effets négatifs du réchauffement climatique. La tendance est à la baisse depuis 1975 et la phase ascendante des pluies n'est pas encore prête d'être amorcée (BOUCHERF, 2012). Le pays a subi durant son histoire de nombreuses périodes de sécheresse d'ampleur variable. Certaines ont eu des répercussions parfois dramatiques sur les conditions de vie de la population, notamment rurale (1943-1948); les sécheresses les plus sévères et les plus persistantes sont celles relevées durant les années 1980 à 1990 où le déficit pluviométrique a été estimé à 50 % pour les régions du centre et de l'ouest de l'Algérie et à 30 % à l'est (KETTAB *et al.*, 2004).

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les populations que pour les écosystèmes. Elles sont faciles à mesurer. Autant de raisons qui font que la plupart des études et analyses portent sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Dans le contexte où le climat et, par conséquent, les ressources en eau sont très changeants, il est impératif de mener une étude statistique sur les séries pluviométriques interannuelles du bassin du Haut et Moyen Cheliff, afin de décrire les éventuelles variations et de préciser le risque statistique des situations extrêmes (sécheresse ou crue) généré par des séquences d'observations.

La méthodologie consiste à étudier la variabilité pluviométrique et la tendance, en utilisant la méthode de moyenne mobile à sept ans et les tests de Pettitt et Mann-Kendall.

2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Situé au centre-ouest du nord de l'Algérie, le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff, occupant une superficie de 10 930 km^2, s'étend de l'étranglement qui le sépare du sous-bassin à l'amont de Boughzoul jusqu'au seuil de Boukadir, où prend naissance le bassin du Bas Cheliff et de la Mina.

Ce bassin présente un chevelu hydrographique très dense (Figure 1), avec un réseau de l'ordre de 2 200 km d'oueds permanents et de 5 600 km d'oueds temporaires. Long de 349 km, le cours d'eau principal d'oued Cheliff résulte de la jonction des deux grands oueds Touil et Nahr Ouassel. (ABH CZ, 2004). La densité de drainage varie entre 0,57 et 1,54 km·km^{-2}. Les faibles valeurs caractérisent les terrains à faibles pentes qui sont surtout localisés sur les hautes plaines et résultent de faibles précipitations sur des formations perméables.

Le bassin du Haut et Moyen Cheliff regroupe 11 sous-bassins hydrographiques codés de 0113 à 0123 (Figure 1) de formes allongées dont les indices de compacité varient entre 1,75 pour les oueds Cheliff Tighzal et Fodda et 1,32 pour l'oued Cheliff Ghrib.

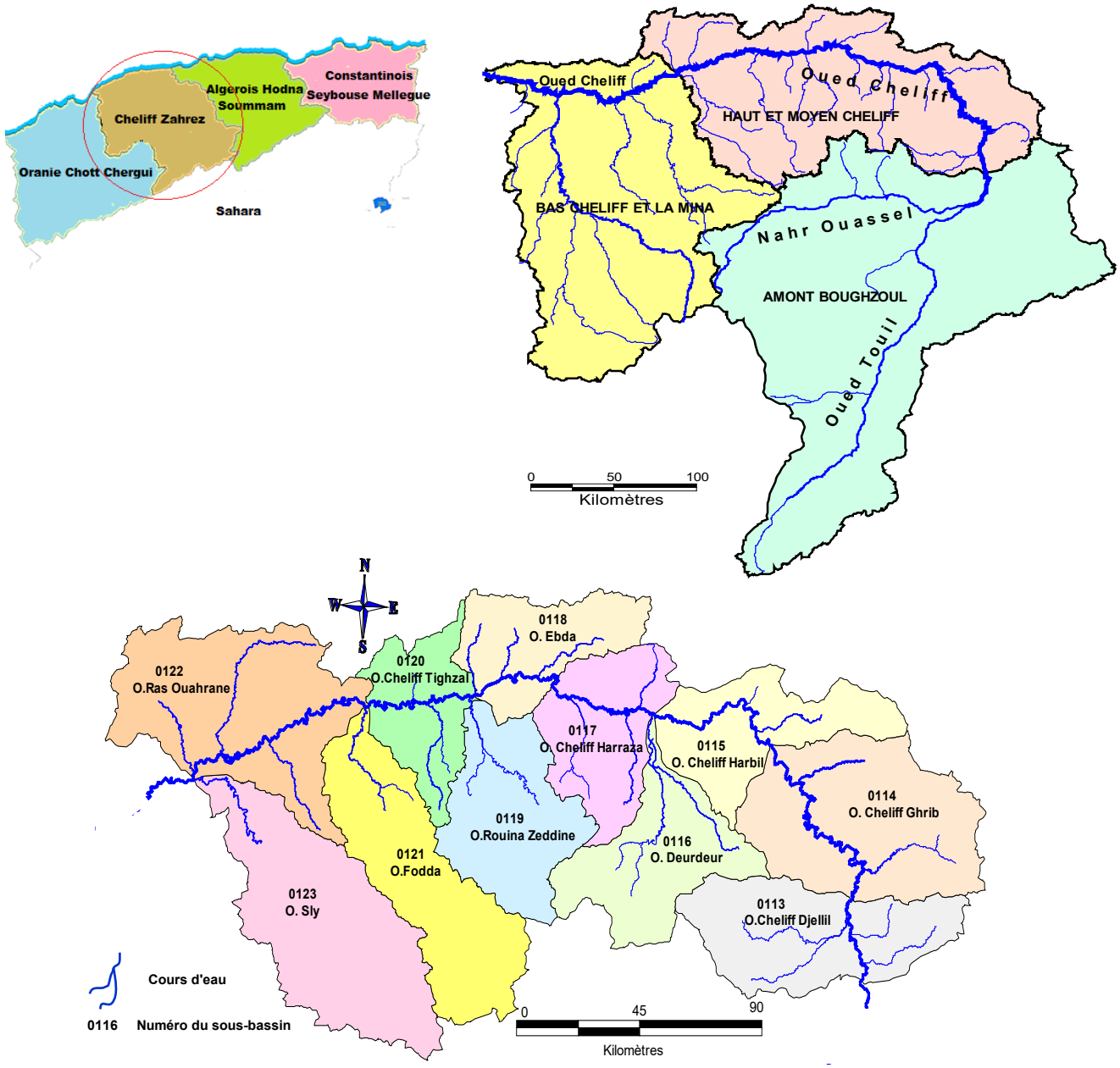

Figure 1. **Cadre géographique de la zone d'étude.**
Geographic setting of the study area.

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Données

Les données utilisées sont les séries chronologiques de pluies de 17 stations. Ces données ont été collectées auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH). En raison de l'absence de longues séries historiques ou la présence de nombreuses lacunes dans les séries, nous avons opté pour ces 17 stations tout en essayant de conserver une répartition géographique de manière à couvrir toute la superficie du bassin versant du Haut et Moyen Cheliff (Figure 2).

L'analyse statistique des séries pluviométriques annuelles débute du 1er septembre de l'année *n* et finit le 31 août de l'année *n*+1. Les coordonnées géographiques ainsi que les caractéristiques statistiques des précipitations des différentes stations retenues sont représentées dans le tableau 1.

Le tableau 1 fait apparaitre que les moyennes des précipitations interannuelles des différentes stations sont assez proches des médianes, ce qui exprime une distribution symétrique des séries. La pluviométrie annuelle enregistrée dans le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff durant la période 1972-2013 varie de 238 à 567 mm; elle est plus importante sur les versants sud des monts de Dahra et du Zaccar, avec

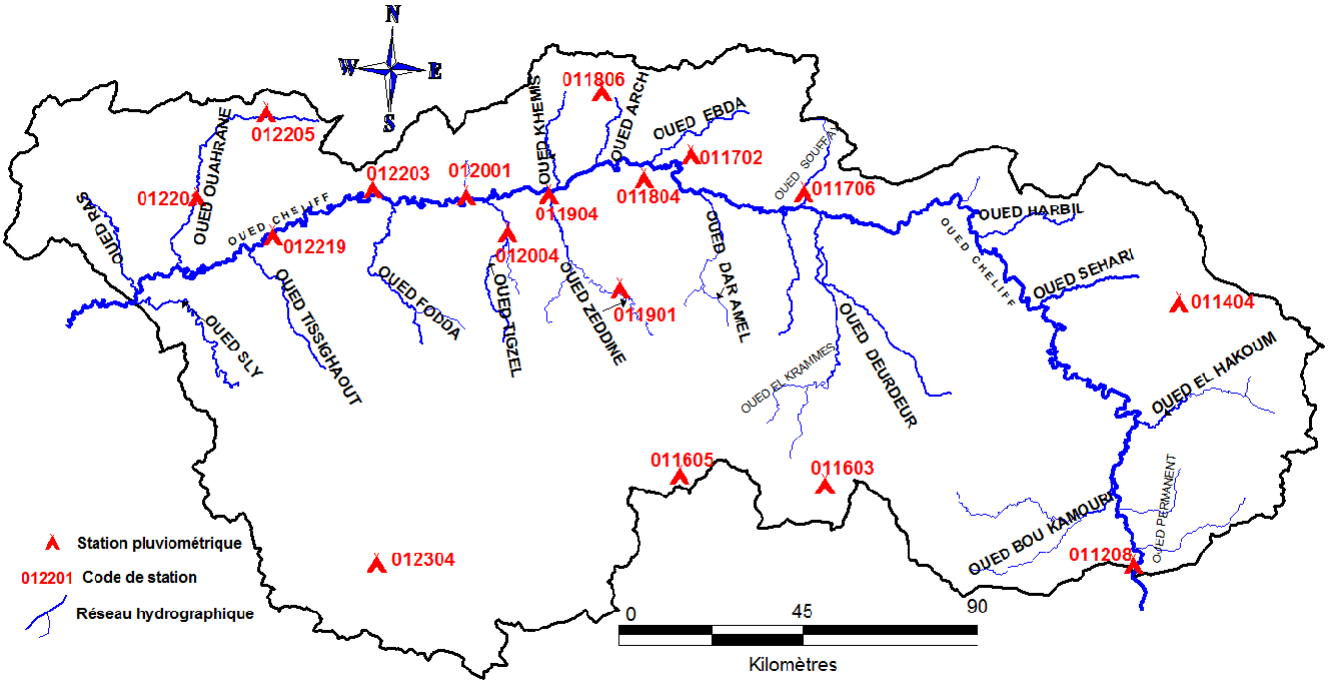

Figure 2. **Localisation des stations pluviométriques retenues.**
Location of the selected rainfall stations.

Tableau 1. **Caractéristiques statistiques des précipitations (*P*) aux stations retenues pour la période 1972/73-2012/13.**
Table 1. ***Statistical characteristics of precipitations (P) at the selected stations for the period 1972/73-2012/13.***

Bassin versant	Station	Code	Altitude (m)	Longitude (km)	Latitude (km)	P_{min} (mm)	P_{max} (mm)	P_{moy} (mm)	Médiane (mm)	σ (mm)	CV (%)
Haut Cheliff	Ain Defla	11804	434,6	329,9	270	182,0	614,4	439,5	465,5	95,9	21,8
	El Khemis ANRH	11706	456,2	329	300	192,1	612,9	427,6	432,1	92,3	21,6
	El Touaibia	11901	430,85	313,4	350	157,5	477,5	304,2	302,7	81,5	26,8
	Arib Cheliff	11702	439,5	332,6	230	226,8	687,6	438,4	435,9	117,8	26,9
	Zoubiria Mongorno	11404	513,5	312,6	932	218,7	790,6	517,0	530,6	135,1	26,1
	Boughezoul	11208	507,1	272,3	643	101,9	343,0	237,7	244,4	59,7	25,1
	Bordj El Amir AEK	11603	461,1	285,3	1080	241,5	639,2	426,7	446,4	110,3	25,8
	El Anneb	11806	427,2	343	1078	318,7	843,7	566,6	589,2	148,7	26,2
	Theniet El Had	11605	439,8	285,7	1150	303,0	802,1	534,0	553,3	138,0	25,8
	Rouina Mairie	11904	419,8	327,3	190	164,9	652,6	353,0	342,6	99,0	28,0
Moyen Cheliff	Souk El Had	12304	395,85	272,7	550	158,5	533,5	369,7	380,2	92,8	25,1
	Ouled Fares	12201	368,1	326,65	116	207,5	554,1	366,1	376,9	89,5	24,4
	Asnam (Chelf) Dda	12219	378,65	320,5	110	198,2	529,4	352,7	360,2	88,4	25,0
	El Abadia	12001	407,85	327,3	162	168,4	666,1	364,9	357,2	103,3	28,3
	Tikezal	12004	414,35	321,7	320	170,7	675,2	363,7	354,5	103,6	28,5
	Ponteba Bge	12203	393,9	327,4	140	187,2	740,4	400,4	388,7	112,3	28,0
	Benairia	12205	378,15	338,4	320	225,3	891,2	482,9	467,9	134,9	27,9

une moyenne interannuelle de 567 mm dans la station d'El Anneb et plus de 500 mm enregistrée dans les stations de Theniel El Had et de Zoubiria Mongorno localisée au sud de l'Atlas Blidiéen. Les précipitations diminuent dans la vallée du Cheliff où elles varient entre 300 et 400 mm. Une moyenne interannuelle minimale de 238 mm est enregistrée dans la station de Boughezoul.

3.2 Méthodes

La variation d'une série chronologique pluviométrique peut être déterminée par plusieurs tests statistiques en fonction du changement recherché, que celui-ci soit brutal ou progressif. Parmi les tests statistiques qui peuvent être utilisés pour détecter l'existence ou l'inexistence d'éventuelles tendances dans les séries de données pluviométriques, nous avons opté pour les deux tests non paramétriques de Pettitt et de Mann-Kendall.

L'approche adoptée dans ce travail se base sur l'utilisation de la méthode de moyenne mobile à sept ans pour l'étude de l'évolution pluviométrique et les tests de Pettitt et Mann-Kendall pour définir la tendance.

3.2.1 Étude de l'évolution pluviométrique.

3.2.1.1 Moyenne mobile à sept ans

La méthode des moyennes mobiles a pour but de réduire l'influence des variations accidentelles et d'éliminer l'effet des fluctuations de très courte période. Elle permet d'affaiblir les composants aléatoires et périodiques sans toucher au mouvement général de la série. Le principe de cette méthode consiste à remplacer la série d'origine par une série de valeurs moyennes mobiles définies dans le cas le plus simple par l'équation 1 :

$$y_k = \frac{1}{2_{n+1}} \sum_{i=-n}^{n} \left(y_{k+i} \right) \tag{1}$$

3.2.2 Étude de la tendance

3.2.2.1 Test de Pettitt

Le test de Pettitt est non paramétrique et dérive du test de Mann-Whitney (PETTITT, 1979). Il a été utilisé dans de nombreux travaux (AZZI, 2013; EL MEDDAHI, 2016; BELARBI *et al.*, 2017). Il consiste à découper la série principale de n éléments en deux sous-séries à chaque instant t compris entre 1 et n-1. La série principale présente une rupture à l'instant t si les deux sous-séries ont des distributions différentes. La variable de Pettitt $U_{t,n}$ est définie par l'équation 2 :

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{n} D_{ij} \tag{2}$$

où $D_{ij} = \mathrm{sgn}(x_i - x_j)$ avec $\mathrm{sgn}(z) = 1$ si $z > 0$; $\mathrm{sgn}(z) = 0$ si $z = 0$ et $\mathrm{sgn}(z) = -1$ si $z < 0$.

Pettitt propose de tester l'hypothèse nulle en utilisant la statistique K_n, définie par le maximum en valeur absolue de $U_{t,n}$ pour t variant de 1 à n-1. À partir de la théorie des rangs, Pettitt 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 :

$$\mathrm{Prob}(K_n > k) \approx 2\exp\left[-6k^2 / (n^3 + n^2)\right] \tag{3}$$

Pour un risque a de première espèce donné, si la probabilité de dépassement estimée est inférieure à a, l'hypothèse nulle est rejetée. La série comporte alors une rupture localisée au moment où est observé $\max|U_{t,n}|$ $t = 1, n$-1.

3.2.2.2 Test de Mann-Kendall

Le test non paramétrique de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée, soit la série $x_t = (x_1, x_2, x_3 \ldots x_n)$. Cette méthode définit la normale standard multivariable U_{MK} comme :

$$U_{MK} = \frac{S}{\sqrt{Var(s)}} \tag{4}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i-1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{où} \quad \mathrm{sgn} = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x = 0 \\ -1, x < 0 \end{cases} \tag{5}$$

$$\mathrm{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} t_i (i-1)(2i+5)}{18} \tag{6}$$

où S désigne la relation entre le nombre de paires d'observations, et n est le nombre total d'échantillons. Dans ce test, l'hypothèse nulle H_0 « absence de tendance » est acceptée si la valeur-p est supérieure à 5 %. Le sens de la tendance est défini par le coefficient statistique de Mann-Kendall U_{MK}. Si U est positif, la tendance est à la hausse, mais si U est négatif, alors la tendance est à la baisse.

Rappelons que les tests de Pettitt et de Mann-Kendall ne sont pas adaptés à la recherche de plusieurs ruptures dans la même série (ONDO, 2002). Par ailleurs, les résultats d'applications sont présentés en choisissant un seuil de signification de 5 %.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Étude de l'évolution pluviométrique

Les données de précipitations annuelles de 17 stations que nous avons pu rassembler dans le cadre de cette étude montrent que l'ensemble du bassin versant du Haut et du Moyen Cheliff a été marqué par une grande variabilité interannuelle et des fluctuations remarquables.

L'application de la méthode de lissage (moyenne mobile à sept ans) sur les séries chronologiques de la région d'étude a conduit aux résultats présentés à la figure 3.

Pour l'ensemble des stations étudiées, les courbes présentent une évolution semblable caractérisée par la succession des périodes humides et sèches. Le bassin du Haut et Moyen Cheliff enregistre un déficit pluviométrique très marqué pour 14 des 17 stations sur la période 1979/1980-2005/06. La sécheresse persiste jusqu'à 2006, si ce n'est pas jusqu'à nos jours, pour les stations de Bordj El Amir Abdel Kader, El Anneb et Theniet El Had.

L'évolution chronologique des totaux pluviométriques annuels aux stations étudiées sur la période 1972/73-2012/13 montre deux tendances distinctes. Une première tendance à la hausse couvrant la période 1972/73-1979/80 et une deuxième longue tendance à la baisse, qui s'est installée dès la fin des années 1970 et se prolonge jusqu'à 2005-2006, hormis l'année 1995 qui est excédentaire, notamment pour les cinq stations Rouina Mairie, El Abadia, Tighzal, Ponteba Bge et Benairia. La période 2006-2012 marque un retour timide des précipitations pour les 11 stations.

À l'exception des six stations Zoubiria Mongorno, Boughezoul, Bordj El Amir Abdel Kader, El Anneb, Theniet El Had et Souk El Had, pour lesquelles l'évolution de la pluviométrie montre également une grande variabilité interannuelle, les fluctuations autour de la moyenne sont importantes de sorte que nous n'avons pas pu déceler des périodes de tendance bien remarquables. D'une manière générale, nous avons décelé une régularité du régime pluviométrique dans la période de 1972/73 à 1987/88 pour Zoubiria Mongorno, Boughezoul et Souk El Had, et de 1972/73 à 2005/06 pour Bordj El Amir Abdel Kader, El Anneb et Theniet El Had.

En outre, nous avons observé une tendance à la baisse durant les années 1988-2006 pour les stations Zoubiria Mongorno, Boughezoul et Souk El Had, ainsi que durant les années 2006-2013 pour les stations Bordj El Amir Abdel Kader, El Anneb et Theniet El Had.

4.1.1 Étude de la tendance

Les résultats des deux tests (Pettitt et Mann-Kendall) appliqués aux séries pluviométriques sont consignés au tableau 2. Les résultats du test de Pettitt montrent que 65% des stations présentent des ruptures qui sont détectées dans les trois années suivante :1979 (représentant 12 % des ruptures globales), 1980 (24 %) et 1986 (29 %). En effet, ces années constituent les points de rupture associés aux changements du régime pluviométrique dans l'ensemble du bassin du Haut et Moyen Cheliff, sauf pour les six stations Zoubiria Mongorno, Boughezoul, Bordj El Amir Abdel Kader, El Anneb, Theniet El Had et Souk El Had qui présentent une stabilité des moyennes dans leurs séries chronologiques.

Selon TAIBI (2011), l'influence de l'obstacle orographique différencie certaines stations du Haut Cheliff qui ne présentent pas de rupture du fait qu'elles soient bien exposées aux précipitations (pas d'obstacle orographique). À l'opposé, d'autres stations situées dans le Cheliff indiquent une rupture très significative et une forte tendance à la baisse, soit à cause du relief qui les entoure et de la direction des précipitations, soit parce qu'elles sont piégées entre le Dahra et les monts de Beni Chougrane qui font écran aux nuages provenant du nord-ouest du Cheliff.

Nous pouvons constater que 6 stations sur 17 présentent une régularité du régime pluviométrique. Les autres stations enregistrent une baisse significative des précipitations avec un déficit pluviométrique qui varie entre 16 et 29 %. Cette baisse atteint sa valeur maximale (29 %) pour les stations El Touaibia et Arib Chelif.

En revanche, les résultats du test de Mann-Kendall montrent que toutes les stations retenues n'ont pas connu de rupture dans les séries pluviométriques et cela indique une certaine homogénéité et une régularité des données pluviométriques de la série.

Ces résultats sont tout à fait concordants avec les travaux antérieurs de MEDDI et MEDDI (2007) au Nord-Ouest algérien qui ont utilisé le test de Pettitt, la méthode bayésienne de Lee et Heghinian et la segmentation d'Hubert pour déceler d'éventuels changements sur dix séries pluviométriques. L'étude a montré une rupture dans la décennie 1970 (baisse de la pluviométrie) pour la quasi-totalité des postes étudiés. La variabilité interannuelle des pluies augmente lorsque l'on se rapproche des régions arides.

Dans son travail sur le bassin de Cheliff utilisant les tests réalisés à l'aide du code de calcul KhronoStat, AMRANI (2011) montre que la majorité des stations pluviométriques couvrant le bassin du Cheliff présentent un changement dans leur régime pluviométrique principalement dans les années

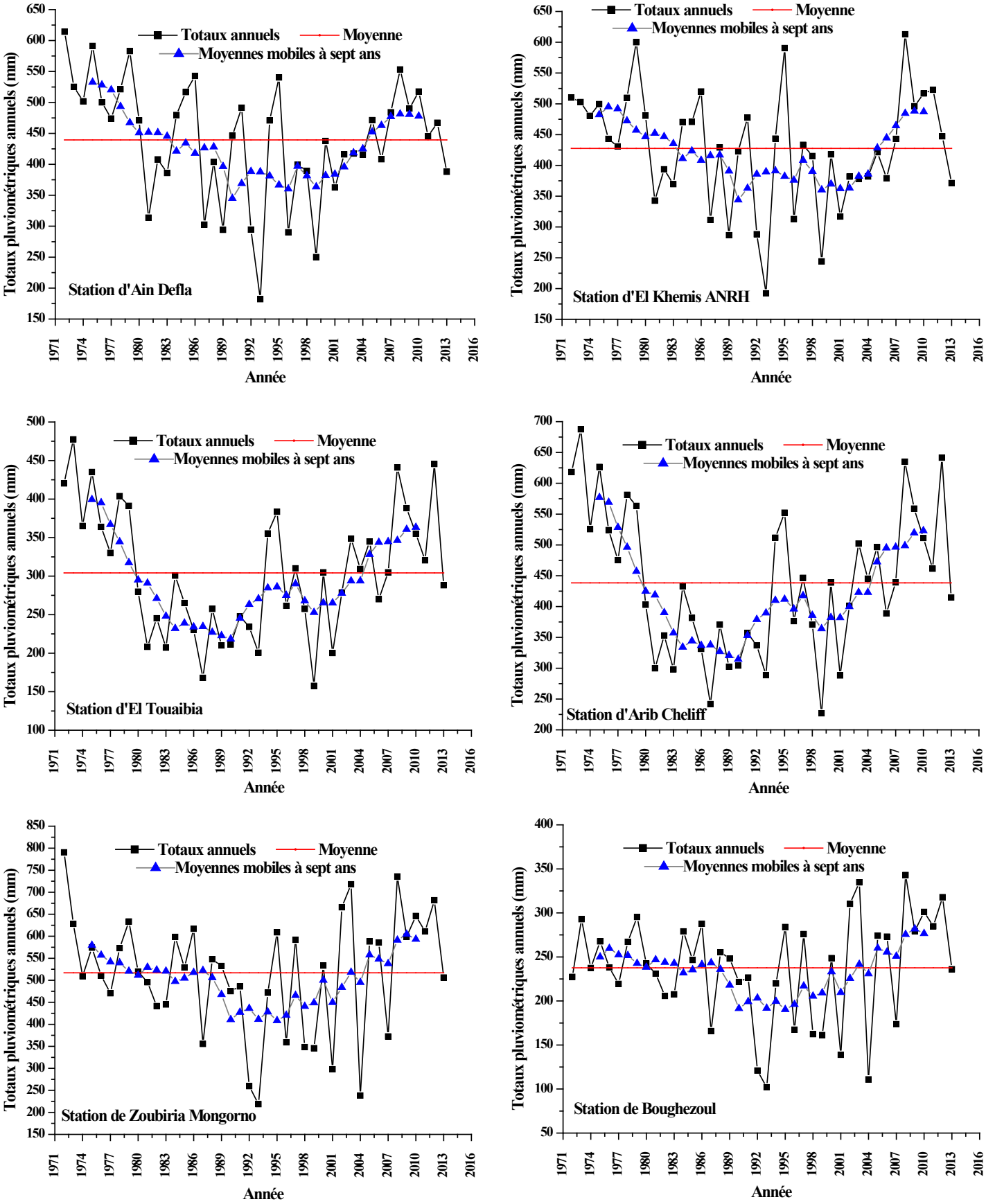

Figure 3. **Courbes représentatives de la moyenne mobile des précipitations du bassin du Haut et Moyen Cheliff.**
Representative curves of the moving average of precipitations in the Upper and Middle Cheliff watershed.

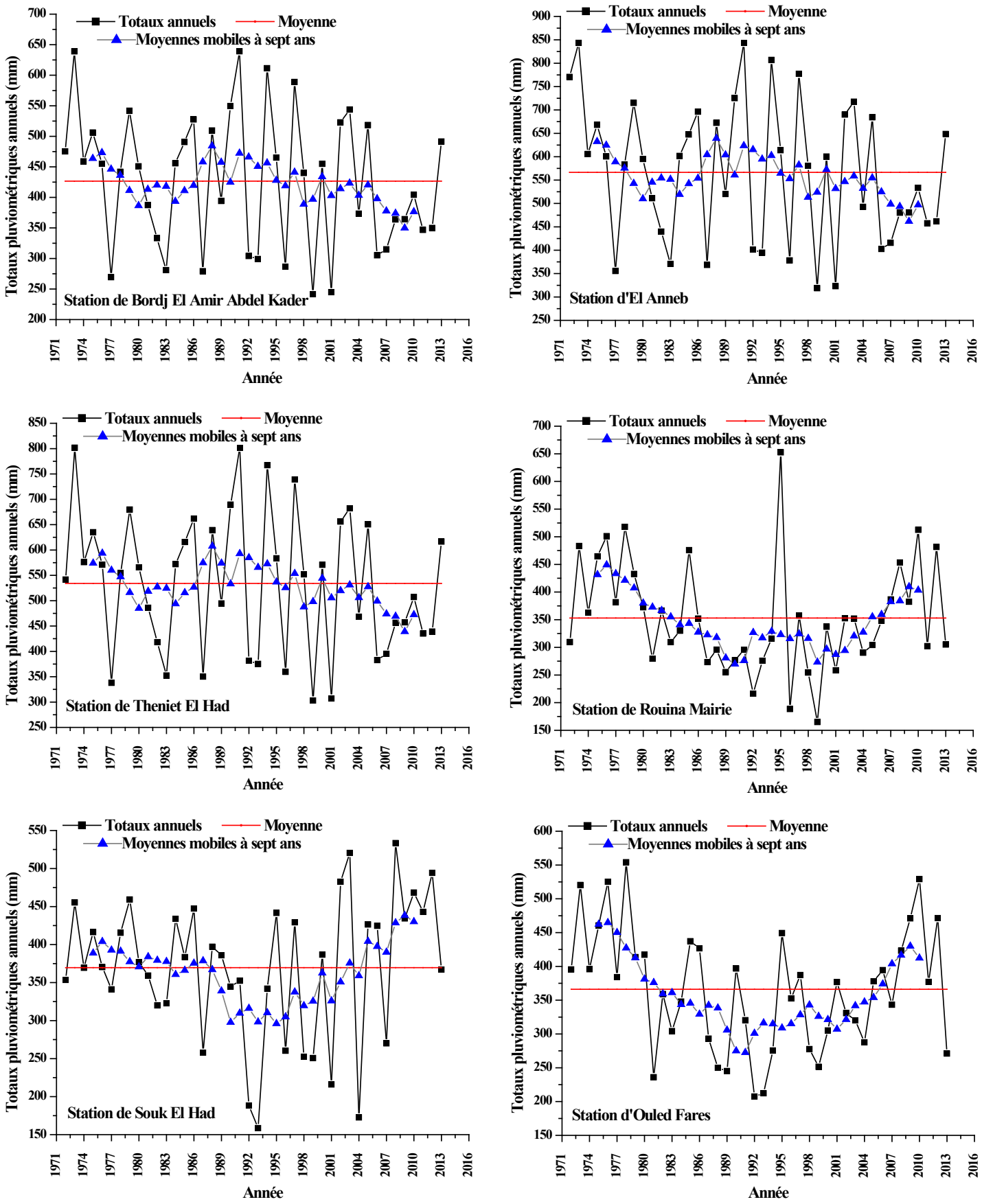

Figure 3. (suite) **Courbes représentatives de la moyenne mobile des précipitations du bassin du Haut et Moyen Cheliff.**
(continued) ***Representative curves of the moving average of precipitations in the Upper and Middle Cheliff watershed.***

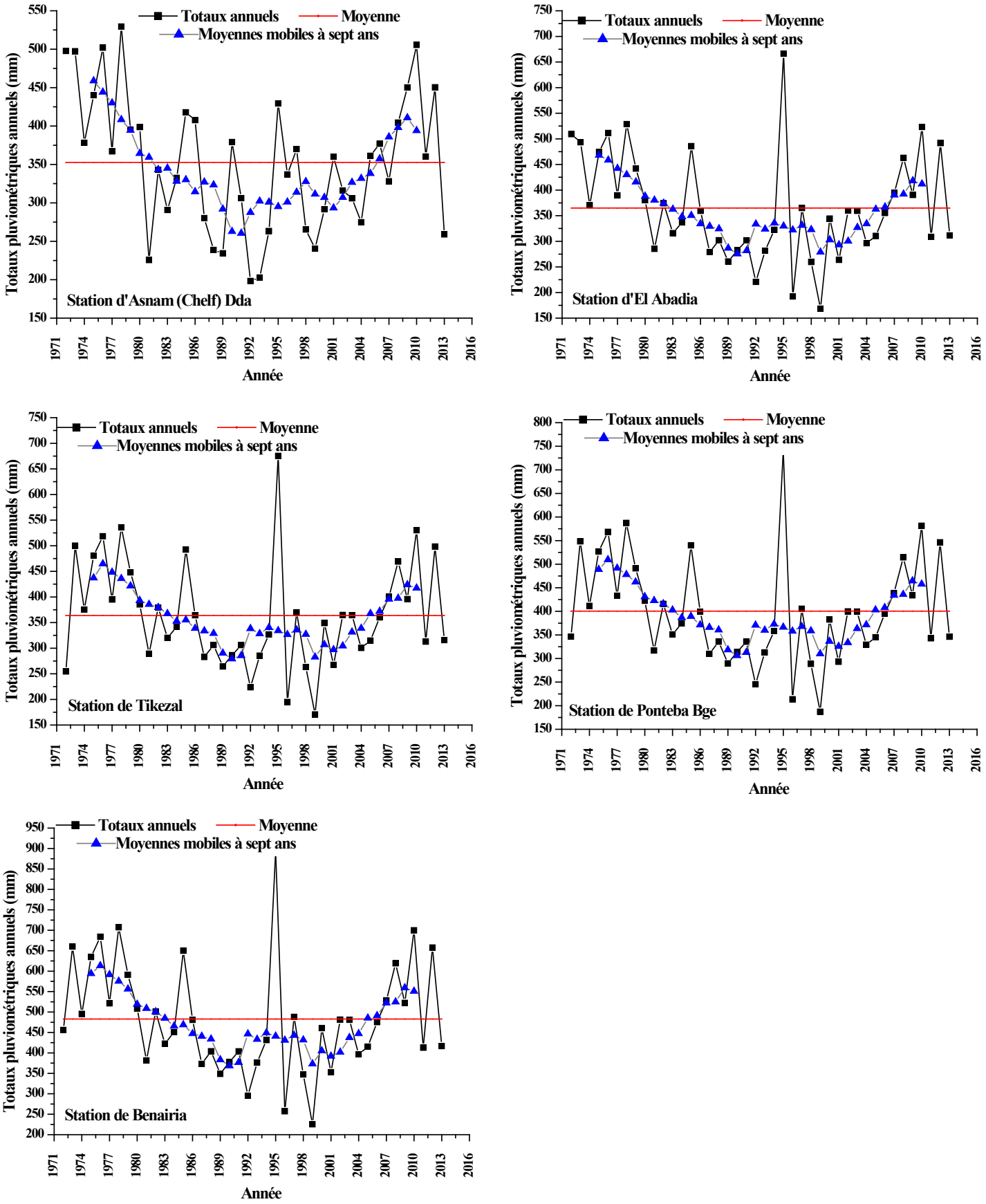

Figure 3. (suite) **Courbes représentatives de la moyenne mobile des précipitations du bassin du Haut et Moyen Cheliff.**
(continued) ***Representative curves of the moving average of precipitations in the Upper and Middle Cheliff watershed.***

Tableau 2. Tests statistiques appliqués sur les séries de totaux pluviométriques annuels.
Table 2. Statistical tests applied to the annual rainfall series.

Bassin versant	Station	Test Pettitt				Test Mann-Kendall	
		K_n	Prob K_n[a]	Année de la rupture la plus significative	Déficit pluviométrique (%)	$U(t')$[b]	Seuil de signification
Haut Cheliff	Ain Defla	225	0,0365	1980	22,00	-1,7	-1,96
	El Khemis ANRH	181	0,149	1980	17,39	1,09	-1,96
	El Touaibia	224	0,0378	1979	29,20	-0,1	-1,96
	Arib Cheliff	224	0,0378	1979	29,40	-0,1	-1,96
	Zoubiria Mongorno	168	0,2145	–	–	0,18	-1,96
	Boughezoul	188	0,2221	–	–	0,75	-1,96
	Bordj El Amir AEK	116	0,6898	–	–	1,18	-1,96
	El Anneb	124	0,5926	–	–	-1,4	-1,96
	Theniet El Had	110	0,7679	–	–	1,01	-1,96
	Rouina Mairie	203	0,0768	1986	16,85	0,99	-1,96
Moyen Cheliff	Souk El Had	188	0,2221	–	–	0,75	-1,96
	Ouled Fares	207	0,0674	1980	24,16	0,79	-1,96
	Asnam (Chelf) Dda	221	0,0419	1980	26,42	1,05	-1,96
	El Abadia	223	0,0391	1986	21,48	1,42	-1,96
	Tikezal	179	0,1586	1986	15,95	0,68	-1,96
	Ponteba Bge	179	0,1586	1986	16,79	0,96	-1,96
	Benairia	205	0,072	1986	17,19	1,03	-1,96

[a] Prob K_n : probabilité de dépassement de la valeur K_n
[b] $U(t')$: coefficient statistique indiquant le sens de la tendance (s'il est positif, la tendance est à la hausse et s'il est négatif, la tendance est la baisse)

1979 et 1980. En revanche, quelques sous-bassins dans la partie nord-est du bassin montrent une stationnarité dans leurs régimes pluviométriques.

ZEKOUDA et MEDDI (2015) ont étudié la variabilité climatique dans le bassin du Haut et Moyen Cheliff. Dans leur étude, les tests de Pettitt et Buischand utilisés ont montré des ruptures au début des années 1980 qui sont accompagnées d'une tendance à la baisse de la pluviométrie atteignant 27 % dans la station du Média secteur et une diminution dépassant 18 % dans la station du barrage Fodda.

D'après EL MEDDAHI (2016), les précipitations sont très irrégulières au niveau interannuel dans le bassin versant du Moyen Cheliff. Les diminutions des précipitations moyennes annuelles apparaissent à partir de l'année 1980. Par conséquent, dans le bassin du Cheliff, les années 1979, 1978 et 1980 sont identifiées comme celles présentant les ruptures les plus dominantes.

5. CONCLUSION

L'analyse des séries chronologiques et les tests statistiques réalisés permettent d'identifier des comportements en partie similaires pour les stations retenues et contribuent à la compréhension des changements de comportements hydrologiques dans le bassin du Cheliff.

En ce qui concerne l'évolution des précipitations, les courbes obtenues par l'application de la méthode de lissage (moyenne mobile à sept ans) font apparaître pour 14 stations sur 17 une première période humide de 1972/73 à 1979/80. Ensuite, une période de sécheresse s'installe pendant près de 27 ans, de 1979/80 à 2005/06. Elle est suivie par le retour à une situation normale depuis 2006.

Le test de Pettitt a décelé un point de rupture pour la majorité des séries pluviométriques non stationnaires entre les années 1979 et 1986. Aussi, 6 stations sur 17 présentent une régularité du régime pluviométrique. Les 11 stations restantes enregistrent un déficit pluviométrique de 16 à 29 %, avec un maximum aux stations El Touaibia et Arib Cheliff. En revanche, les résultats du test de Mann-Kendall montrent que toutes les stations retenues n'ont pas connu de ruptures dans les séries pluviométriques.

Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec plusieurs travaux menés au nord-ouest de l'Algérie, tel que ceux de MEDDI et MEDDI (2007) et pour le bassin du Cheliff ceux de TAIBI (2011), AMRANI (2011), El MEDDAHI (2016) et ZEKOUDA et MEDDI(2015).

REMERCIEMENTS

L'auteur principal de cette étude remercie vivement ses co-encadreurs de thèse, Monsieur et Madame Bouanani, pour leur collaboration, patience, relectures et corrections. Il remercie également Madame Belarbi Halima pour son soutien et son aide précieuse. Enfin, il tient à remercier le secrétariat et le comité scientifique de la *Revue des Sciences de l'Eau*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGENCE DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE CHELIFF-ZAHREZ (ABH CZ) (2004). *Cadastre hydraulique du bassin hydrographie du Cheliff - Aval du barrage de Boughzoul. Première partie : Haut et Moyen Cheliff.* Algérie, 62 p.

AMRANI R. (2011). *Variabilité spatio-temporelle de la sécheresse dans le bassin versant de l'Oued Chéliff.* Mémoire de magister, Univ de Chlèf, Algérie, 51 p.

AZZI A. (2013). *Analyse des changements climatiques dans le bassin versant de la Soummam : réflexion en termes de conséquences hydrologiques.* Thèse de doctorat, Univ. Sciences et Technologie Houari Boumediene, Algérie, 55 p.

BAKRETI A., I. BRAUD, E. LEBLOIS et A. BENALI (2013). Analyse conjointe des régimes pluviométriques et hydrologiques dans le bassin de la Tafna, Algérie Occidentale. *Hydrol. Sci. J.*, 58, 133-151.

BATES B., Z.W. KUNDZEWICZ, S. WU et J. PALUTIKOF (2008). *Le changement climatique et l'eau*. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Secrétariat du GIEC, Genève, Suisse, 236 p.

BELARBI H., B. TOUAIBIA, B. BOUMECHRA, S. AMIAR et N. BAGHLI (2017). Sécheresse et modification de la relation pluie-débit : cas du bassin versant de l'Oued Sebdou (Algérie Occidentale). *Hydrol. Sci. J.*, 62, 124-136.

BOUCHERF D. (2012). Variabilité et changement climatique en Algérie. *Actes du Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides de Biskra*, Algérie, pp. 113-126.

CHAPPELL A. et C.T. AGNEW (2004). Modelling climate change in West African Sahel rainfall (1931-90) as an artifact of changing station locations. *Int. J. Climatol.*, 24, 547-554.

DAI A., P.J. LAMB, K.E. TRENBERTH, M. HULME, P.D. JONES and P. XIE (2004). The recent Sahel drought is real. *Int. J. Climatol.*, 24, 1323-1331.

EL MEDDAHI Y. (2016). *Les changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau, cas du bassin du Cheliff.* Thèse de doctorat, Univ. Hassiba Benbouali de Chlef, Algérie, 99 p.

KENDALL M.G. (1975). *Rank correlation methods*. 4e edition, Charles Griffin, London, Royaume-Uni, 202 p.

KETTAB A., D. AIT MOUHOUB, T. OUARDA et B. BOBEE (2004). *Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie.* École Nationale Polytechnique Alger, Algérie, 12 p. http://www.univ-tebessa.dz/fichiers/ENP/20041014_kettab_Foggia.pdf

MANN H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.

MEDDI H. et M. MEDDI (2007). Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Geographia Technica*, 2, 49-55.

NICHOLSON S.E. et J.C. SELATO (2000). The influence of La Niña on African rainfall. *Int. J. Climatol.*, 20, 1761-1776.

ONDO J.C. (2002). *Étude comparative des tests de stationnarité*. Thèse de doctorat, Univ. Québec, Institut national de la recherche scientifique, Canada, 288 p.

PETTITT A.N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Stat.*, 28, 126-135.

TAIBI S. (2011). *Analyse du régime climatique au Nord de l'Algérie*. Mémoire de magister, École Nationale Supérieure Agronomique, Algérie, 85 p.

ZEKOUDA N. et M. MEDDI (2015). Les tendances hydro-pluviométriques du bassin versant de Cheliff (Haut et Moyen Cheliff). *Actes du 3e Colloque International sur la Géologie du Sahara*, 9-10 décembre 2015, Univ. Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 237 p.