

# Étude de la variabilité spatiale et temporelle de la pluviométrie et ses répercussions sur la ressource en eau superficielle du bassin versant de la Tafna

Ketrouci Khadidja<sup>(1)</sup>, Meddi Mohammed<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire des sciences et techniques de l'eau (LSTE), Université de Mascara

<sup>(2)</sup> Ecole nationale d'hydraulique de Blida.

E-Mails : ketrou\_khadi@yahoo.fr

mmeddi@yahoo.fr

**Résumé :** Cette étude a pour objectif de montrer l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Tafna. La formule de Tyson (Filtre Passe Bas de Hanning) montre une grande variabilité interannuelle de la pluie qui s'organise en une alternance de phase humide et de phase sèche (à partir du milieu des années 70). En outre, l'analyse statistique des débits à l'échelle annuelle a aussi mis en évidence une variabilité notable dans l'espace et dans le temps des écoulements superficiels du bassin versant de la Tafna. Les tests de rupture que se soit le test de petit ou la segmentation d'Hubert ont induit une modification dans le régime hydrologique des cours d'eau de la Tafna, dès l'année 1981. On note une nette diminution des écoulements des rivières après cette date. La baisse atteignant 40 % pour Beni Bahdel. L'étude intra-annuelle de la série des débits de Beni Bahdel révèle qu'il existe une variabilité saisonnière très nette, qui ressemble dans ses grands traits à celle des précipitations mise en évidence précédemment. La diminution des débits moyens annuels après 1981 est occasionnée par une diminution des écoulements hivernaux et printaniers.

**Mots-clés :** Variabilité climatique, ressources en eau, pluie, débit,

## I. INTRODUCTION

L'Algérie et surtout l'Ouest, a connu plusieurs grandes sécheresses durant ce siècle, les années 40 et les années 80 jusqu'à nos jours [1]. La plus récente a été caractérisée par son ampleur spatiale, son intensité et par son impact majeur et sensible qui est la diminution des ressources en eau. L'impact de la sécheresse sur le comportement de nos ressources en eau revêt une importance primordiale. Donc étudier l'impact négatif de la sécheresse sur les ressources en eau est devenu un impératif de plus en plus pressant en Algérie.

Afin d'illustrer ces mécanismes complexes d'occurrence des précipitations et d'apprécier la réponse fluviale des cours d'eau aux événements pluvieux dans une région du nord ouest de l'Algérie, on s'est intéressé à l'étude de ces phénomènes dans le bassin-versant de la Tafna.

## II. LE CADRE DE L'ÉTUDE:

L'Oued Tafna est caractérisé par une longueur de 228 Km. Son bassin-versant, situé au nord-ouest de l'Algérie, s'étend sur une superficie de 7254 Km<sup>2</sup> (figure 1). Il est constitué de huit sous-bassins, dont deux se trouvent en amont dans le territoire marocain. Cette partie marocaine

représente une superficie de 2 007 Km<sup>2</sup>, soit 27,7 % de la surface totale [2]. Etant donné le manque d'informations sur la région située en territoire marocain, notre travail n'est axé que sur la partie algérienne.

Le bassin-versant de la Tafna possède un relief très accidenté, avec une altitude moyenne de 780 m et une altitude maximale dépassant les 1 800 m [3].

## III. LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DU BASIN VERSANT DE LA TAFNA:

Le relief est un facteur essentiel dans le comportement hydrologique d'un bassin, puisque c'est lui qui détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement, à l'infiltration et à l'évaporation. Pour le bassin-versant de la Tafna, la disposition du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables, ont combiné leurs effets pour donner naissance à un réseau hydrographique dense, avec des densités de drainage (quotients de la somme des longueurs de tous les cours d'eau à la superficie du bassin drainée) variant de 0,5 à 2,9 selon l'importance des sous-bassins [4].

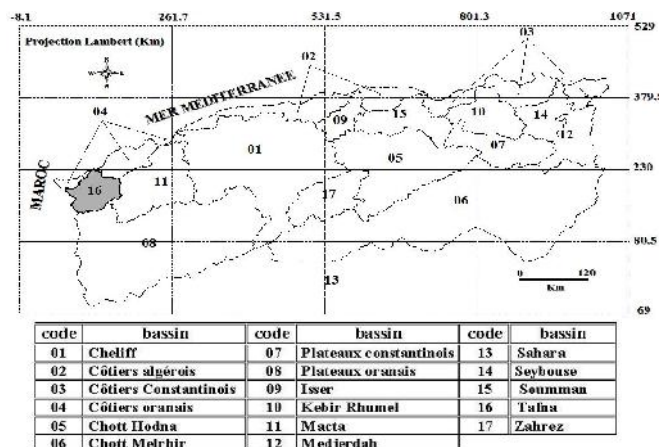


Figure1: Situation géographique du bassin versant de la Tafna.

#### IV. MÉTHODE D'ÉTUDE

Les grandes tendances climatiques des séries pluviométriques ont été mises en évidence au moyen de deux méthodes statistiques : la moyenne mobile centrée à base 5 (Le but est de réduire l'amplitude des variations interannuelles et de ne faire apparaître que les grandes tendances), et la formule de Tyson ou (Filtre Passe Bas de Hanning).

La détection des dates de rupture des séries hydropluviométriques a été faite au moyen des tests non paramétriques de Pettit et d'Hubert.

#### V. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS :

L'application des deux méthodes de lissage (moyenne mobile simple, formule de Tyson) sur les séries de la Tafna a conduit aux résultats présentés à la figure (2). Pour l'ensemble des stations étudiées les deux courbes présentent une évolution semblable caractérisée par la succession des périodes déficitaires et excédentaires. Néanmoins, ce synchronisme ne masque pas totalement les différences entre les deux méthodes de lissage. Ces différences se marquent surtout au niveau des valeurs et des positions des maxima et des minima. Les maxima et les minima calculés par la formule de Tyson (Filtre Passe Bas de Hanning) sont un peu prononcés que ceux évalués par l'approche de la moyenne mobile sur 5 ans. Sur la période 1968-2002, retenue comme période de référence car commune à tous les postes étudiés, le bassin de la Tafna enregistre un déficit pluviométrique très marqué couvrant la fin des années soixante-dix, la décennie quatre-vingt et la décennie quatre-vingt-dix jusqu'à nos jours.

Les stations qui possèdent les plus longues suites chronologiques d'observations ont permis de mettre en évidence l'existence d'une longue période humide s'échelonne entre le début de la décennie quarante et le milieu des années soixante-dix, date de la dernière rupture.

Ces tendances sont comparables et synchrones à celles trouvées par Ghenim AN et al (2010)[5] dans une étude de fluctuations hydropluviométriques du bassin-versant de l'oued Tafna à Beni Bahdel.

Durant la période déficitaire des dernières décennies, les totaux pluviométriques annuels enregistrés ont été particulièrement en dessous de la moyenne pour l'ensemble des stations. Ce pendant, l'année (1981-1982) est l'année la plus sèche pour la majorité des stations de la région couvrant le Nord et le Centre de la Tafna avec des déficits pouvant atteindre 70 % à Hammam Bougrara. La région sud affiche l'année (1998-1999) comme l'année la plus déficitaire avec un manque atteignant 50% à Mefrouche. Il est à noter aussi que chacune des périodes humides détectées antérieurement présente une ou plusieurs années sèches, c'est le cas de l'année hydrologique (1964-1965) à Mefrouche avec un écart de 58% par rapport à la moyenne.

Les résultats des deux tests (Pettit et Hubert) appliqués aux séries pluviométriques sont consignés au tableau (1).

Les résultats du test de petit montrent qu'une rupture (c'est-à-dire, ici, une diminution de la pluviométrie annuelle) y est détectée majoritairement entre 1974 et 1980. En effet, pour les stations de Beni Bahdel, Sabra, Khemis, Bensekranne, et Mefrouche, ce changement est parvenu plutôt vers 1974. Alors que pour les autres, il n'est intervenu que vers 1980.

Il est à noter également, que la procédure de la segmentation d'Hubert fait aussi apparaître, une rupture pour la quasi-totalité des séries étudiées. Cette dernière apparaît entre 1975 et 1980. Ces résultats confirment l'apparition d'un déficit pluviométrique à partir du milieu des années 70 (met en évidence par le test de Pettit) et la poursuite de celui-ci durant les décennies 1980-1990 et 1990-2000. La réduction la plus importante est enregistrée aux stations de Hammam Bougrara, de Beni-Oussine, de Khemis et de Lalla Setti, avec plus de 30% de diminution des pluies annuelles après la date de rupture. Cependant pour les autres stations, la baisse pluviométrique s'échelonne entre 20 et 30%.

Les tests utilisés et les résultats trouvés confirment la tendance à la baisse des dernières décennies. Ces résultats sont en conformité avec les conclusions du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat de 2001 et de 2007 [6,7] ainsi qu'avec les conclusions du rapport régional des Nations unies sur le changement en Afrique du Nord.

Ils sont aussi en concordance avec ceux trouvés, sur des séries moins longues, par Talia en 2003, Meddi et Hubert, 2003 ; Meddi H. en 2009 et Ghenim en 2010[8,9,10,4].

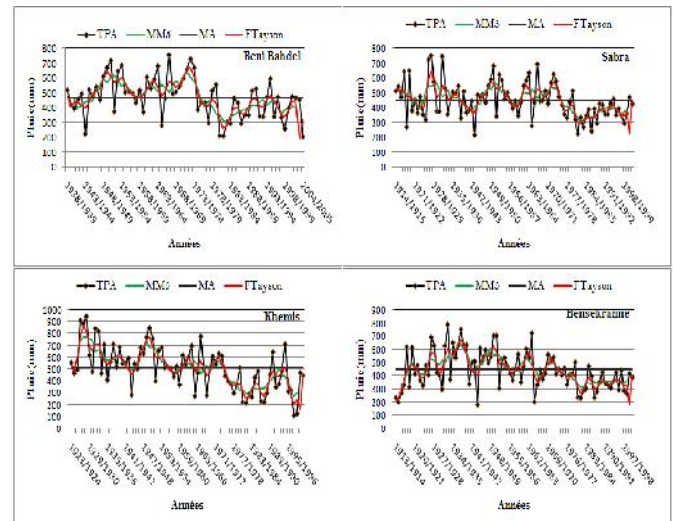


Figure 2: Evolution des totaux pluviométriques annuels (Beni Bahdel, Bensekranne, Sabra, Khemis)

TPA : totaux pluviométriques annuelles, MMS : moyenne mobile sur 5ans, MA : moyenne arithmétique, FTyson : Formule de Tyson.

Tableau 1: Résultats du test statistique de Pettitt et segmentation d'Hubert appliqué sur les totaux pluviométriques annuels.

Station	Période d'étude	Segmentation de Pierre Hubert				Pettitt Année
		Début	Fin	Moyenne	Ecart-type	
Hamam Dougrara	1969-2002	1969	1976	350.025	72.411	1980
		1977	2001	208.372	77.408	
Maghnia	1960-2006	1950	1971	317.136	54.023	1980
		1972	1974	475.167	60.981	
		1975	2004	274.553	70.622	
P du Chat	1968-2002	1968	1980	358.690	73.745	1980
		1981	2001	276.210	65.723	
B Ouassme	1953-2002	1953	1980	332.457	90.529	1980
		1981	2001	221.862	64.400	
Beni Bahdel	1939-2006	1930	1974	532.807	123.247	1974
		1975	2004	302.357	105.614	
Sabra	1914-2002	1914	1973	487.801	117.039	1973
		1976	2001	368.027	69.614	
Kchemis	1924-2002	1924	1926	510.233	45.390	1974
		1927	1928	017.100	32.553	
		1930	1974	546.758	133.190	
		1975	2001	371.852	116.677	
Bensekrane	1914-2002	1914	1931	410.661	144.198	1974
		1932	1940	627.789	120.313	
		1941	1980	472.968	120.433	
		1981	2001	340.614	73.906	
Mesfrouche	1943-2002	1943	1977	750.750	181.500	1975
		1978	2003	551.946	129.259	
Lalle Seiti	1956-2002	1956	1966	373.000	160.407	1980
		1967	1975	760.744	103.183	
		1976	2001	502.858	103.683	

L'application du test de Pettitt aux débits annuels des stations de la Tafna montre l'existence d'une rupture significative pour toutes les séries chronologiques (voir figure (3)). Il s'ensuit donc le rejet de l'hypothèse nulle, c'est-à-dire l'absence d'une tendance positive ou négative. Ce même test affiche l'année 1981 comme début de tendance pour l'ensemble des stations.

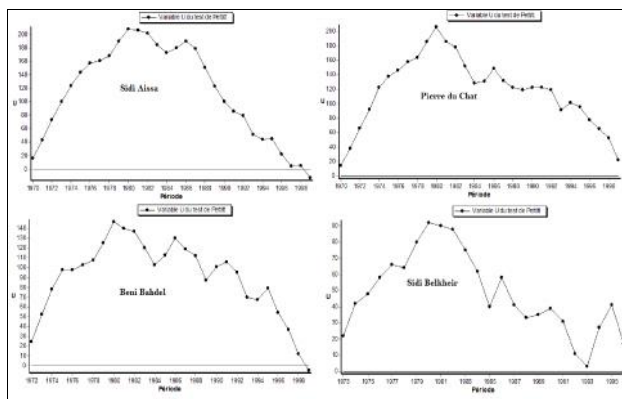


Figure 3: Résultats du test de Pettitt appliqué sur les stations Sidi Aissa, Pierre du Chat, Beni Bahdel et Sidi Belkheir.

Le tableau (2) qui présente les résultats d'application de la procédure de segmentation d'Hubert [11, 12,13] aux séries des débits moyens annuels, montre que les dates du dernier segment pour la majorité des stations corroborent avec celles

trouvées par le test de Pettitt. Ces derniers ont comme début l'année 1981 avec des moyennes très faibles ce qui reflète l'influence du déficit pluviométrique enregistré durant cette période sur la ressource en eau superficielle dans cette région. Il est à noter que ce test ne signale aucune rupture dans la série de la station de Sidi Belkheir.

Tableau 2: Résultats du test d'Hubert pour les stations Sidi Aissa, Pierre Du Chat, Beni Bahdel et Sidi Belkheir.

Station	Début	fin	Moyenne	Ecart Type
Sidi Aissa	1970	1974	3.008	0.887
	1975	1980	1.683	0.634
	1981	2000	0.575	0.418
Pierre Du Chat	1970	1971	9.300	3.960
	1972	1974	17.400	0.917
	1975	1980	7.717	2.945
	1981	2000	3.430	1.852
Beni Bahdel	1972	1974	2.600	0.200
	1975	1980	1.133	0.301
	1981	2000	0.640	0.322
Sidi Belkheir	1973	1998	1.640	1.162

La figure (4) indique que le débit moyen mensuel à la station de Beni Bahdel enregistre une nette irrégularité intra-annuelle. Les faibles débits sont remarqués au cours des mois d'été et d'automne, et les forts débits durant les mois d'hiver et du printemps (décembre à mai), ces six mois totalisent 70% des écoulements annuels. La légère augmentation des débits au mois d'octobre est due aux pluies automnales qui caractérisent cette région. La période estivale correspond généralement aux basses eaux et l'étiage à lieu pendant les mois de juillet et d'août dans l'oued de Sebdu. C'est d'ailleurs, le mois de mars qui affiche la moyenne maximale des débits mensuels s'étalant sur la période (1972-2004) avec un pourcentage de 25% de la moyenne annuelle.

Une subdivision de la période d'étude en deux, une avant la date de rupture du régime hydrométrique (1981) et l'autre après cette date a montré la diminution de l'écoulement de 40% pendant la deuxième période (figure (5)).

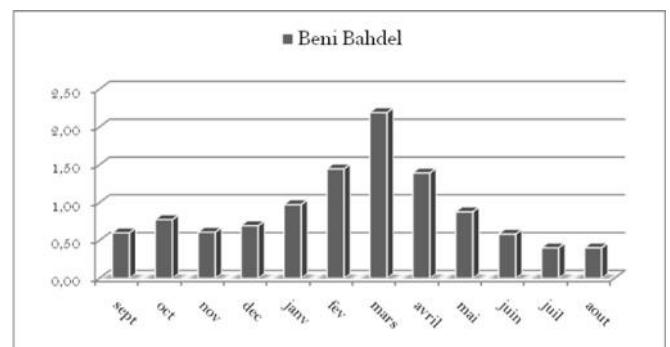


Figure 4: Evolution des débits mensuels et de la station de Beni Bahdel.



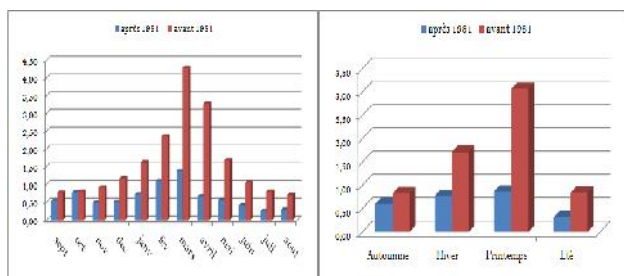


Figure 5 : Evolution des débits mensuels et saisonniers avant et après la date de rupture pour la station de Beni Bahdel.

## VI. CONCLUSION:

L'analyse des séries chronologiques des pluies de la Tafna a montré la diminution de ce paramètre ces dernières décennies, ce résultat corrobore avec la baisse générale des précipitations observée en Algérie. Cette baisse se caractérise par la diminution du cumul des pluies annuelles, particulièrement accentuée au cours de la décennie 80 et 90. Ces résultats montrent qu'en dépit de quelques années humides enregistrées au cours de la décennie 90, la sécheresse continue de sévir dans cette région jusqu'au début de 2000.

L'analyse statistique des débits à l'échelle annuelle a mis en évidence une variabilité notable dans l'espace et dans le temps des écoulements superficiels du bassin versant de la Tafna. Les tests de rupture que se soit le test de Pettitt ou la segmentation d'Hubert ont montré une modification dans le régime hydrologique des cours d'eau de la Tafna, dès l'année 1981. On note ainsi une nette diminution des écoulements des cours d'eau après cette date. La baisse atteignant 40 % à la station de Beni Bahdel par exemple.

L'étude intra-annuelle de la série des débits de Beni Bahdel révèle qu'il existe une variabilité saisonnière très nette, qui ressemble dans ses grands traits à celle des précipitations mise en évidence auparavant. La diminution des débits moyens annuels après 1981 est occasionnée par une diminution des écoulements hivernaux et printaniers.

## REFERENCES

- [1] Medejerab A., Henia L. (2011). Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord-occidentale. *Courrier du Savoir* N°11, Mars, pp.71-79
- [2] Tidjani AEB., Yebdri D., Roth JC., Derriche Z. (2006). Exploration des séries chronologiques d'analyse de la qualité des eaux de surface dans le bassin de la Tafna (Algérie). *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science* 19 : 315-24.
- [3] Bouanani A(2004). Hydrologie, transport solide et modélisation, Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse de doctorat en Géologie appliquée. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen, , 250p.
- [4] Ghenim, A(2001). Contribution à l'étude des écoulements liquides et des dégradations du bassin versant de la Tafna : cas d'oued Isser, oued mouilah et de la Haute tafna. Mem. Magister, Univ , Tlemcen.
- [5] Ghenim N A., Megnounif A., SeddimiA.(2010). Fluctuations hydropluviométriques du bassin-versant de l'oued Tafna a' Beni Bahdel (Nord-Ouest algérien) . revue Sécheresse ; 21 (2) : 115-120.

- [6] GIEC, (2007a), (2007). Rapport de synthèse. Bilan des changements climatique : rapport de synthèse.114 p. [En ligne] [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf)
- [7] GIEC, 2007b. (2007). Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Rapport 2001 et 2007 sur l'évolution du climat. Genève : GIEC.
- [8] Talia A., (2003) - Évolution des régimes pluviométriques et hydrologiques du Nord de l'Algérie. Mémoire de Magister, Université de Mascara, 2003, 160 p.
- [9] Meddi M. , Hubert P. (2003) : Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. *Hydrology of the Mediterranean and semiarid Regions*. IAHS publication N° 278.
- [10] Meddi H. et Meddi M., (2009). Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Sécheresse*, vol. 20, n° 1, p. 57-65.
- [11] Hubert P., Carbonnel J.P. et Chaouche A. (1989) - Segmentation des séries hydrométéorologiques Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 110, n° 3-4, p. 349-367.
- [12] Hubert P., Servat E., Paturel J. E., Kouame B., Bendjoudi H., Carbonnel J. P., Lubes-Niel H. (1998). La procédure de segmentation, dix ans après. *Publication IAHS, n°250, pp.267-273*.
- [13] Hubert P. (2000) - The segmentation procedure as a tool for discrete modeling of Hydrometeorological regimes. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 14, n° 4, p. 297-304