

TENDANCE DE LA PLUVIOMÉTRIE A L'EXTRÊME NORD OUEST DE L'ALGÉRIE

A.N GHENIM¹, A.MEGNOUNIF¹, S.M DJELLOUL SMIR²

¹ Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie,
e-mail : anghenim@yahoo.fr
Megnounif_aslam@yahoo.fr

² Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tlemcen, e-mail : djelloul.mohamed@caramail.com

RÉSUMÉ

L'Algérie, à l'instar de plusieurs régions dans le monde subit depuis déjà plus de 3 décennies une grave décroissance pluviométrique, plus accentuée à l'Ouest du pays. Afin de mettre en relief la tendance des précipitations dans un rayon de 32 km à l'extrême Nord Ouest du pays, 5 stations pluviométriques ont été sélectionnées. Les différents tests statistiques appliqués à ces séries révèlent en plus d'une grande irrégularité et de la dissymétrie du phénomène, une tendance globale à la baisse. Ceci malgré l'existence d'une période relativement humide qui a duré environ 30 ans et dont la fin se localiserait au milieu des années 1970. Le déficit enregistré d'environ 25% à l'échelle annuelle est plus accentué à l'échelle saisonnière

MOTS-CLÉS : Pluviométrie, tendance, déficit, rupture, Nord Ouest de l'Algérie.

ABSTRACT

Algeria, following the example of several areas in the world undergoes since already more than 3 decades a serious pluviometric decrease, more stressed in the West of the country. In order to highlight the trend of precipitations in a radius of 32 km at the extremely northwest of the country, 5 pluviometric gauges were selected. The various statistical tests applied to these series reveal besides a great irregularity and dissymmetry of the phenomenon, a global trend to fall. This in spite of a relatively wet period which lasted approximately 30 years and whose end would be located in the middle of 1970s. The recorded deficiency from about 25% in an annual scale is more stressed in a seasonal scale.

KEYWORDS: Rainfall, trend, deficiency, breaking, North West of Algeria.

1. Introduction

L'analyse de tendance des précipitations à différentes échelles spatiales et temporelles a été au centre de grandes préoccupations pendant le siècle dernier à cause de l'attention réservée aux modifications du climat du globe par l'ensemble de la communauté scientifique. Celle-ci relève globalement une légère tendance positive même si de vastes zones sont affectées par des tendances négatives [1]. Parmi les régions qui subissent une décroissance pluviométrique, on peut citer le centre et le sud de l'Europe, les pays du Maghreb et le Sahel [2 - 6]. Dans ces régions, les tendances à la baisse de la pluviométrie ont été confirmées et les déficits enregistrés sont alarmants. [6 & 7].

Le nord ouest Algérien subit quant à lui une baisse dans les apports pluviométriques depuis plus de 3 décennies. Ainsi, dans certaines zones, les apports pluviométriques ont diminué de plus de 25% ce qui a fait baisser les apports en eau superficielle de plus de 60% [8 - 10].

Dans le but de mettre en relief les tendances de la pluviométrie à l'extrême ouest de l'Algérie, on se propose d'étudier l'évolution temporelle des précipitations dans un rayon de 32 km.

2. Données et présentation du site d'étude

En Algérie, le réseau des stations pluviométriques est à la fois mal réparti et de faible densité. Un poste couvre, en moyenne, une superficie d'environ 280 km² [11]. De plus, rares sont les stations disposant de longues séries d'observations. Cela limite généralement le nombre de stations pluviométriques à utiliser dans une étude. Ainsi, à l'extrême nord ouest algérien, les

stations pluviométriques sont soit lacunaires soit récentes ne disposant que de séries relativement courtes. Ceci nous a amené à ne retenir, pour les besoins de cette étude, que 5 postes pluviométriques, situés entre 1° et 1,5° Nord et 34° et 35,5° Est (Fig. 1). Les caractéristiques de ces stations sont consignées dans le Tab.1.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des stations pluviométriques.

Station	Code	X	Y	Z(m)	Période
Béni-Bahdel	160403	01°29'48"	34°42'33"	660	1914-15/2008-09
Meffrouche	160701	01°17'31"	34°51'19"	1110	1943-44/2008-09
Tlemcen	160724	01°19'29"	34°52'26"	810	1914-15/2005-06
Bensekrane	160702	01°13'26"	35°04'28"	247	1923-24/2001-02
Maghnia	160311	01°43'54"	34°51'12"	395	1914-15/2004-05

3. Méthode d'étude

Afin d'évaluer les fluctuations importantes qui ont affecté la pluviométrie de la région aux échelles annuelle et saisonnière, quatre tests d'homogénéité, basés sur des tests statistiques, sont appliqués aux séries pluviométriques.

- Le test de corrélation sur le rang Ref.[12] est utilisé afin de tester le caractère aléatoire des séries de mesure. Celui-ci est un test non paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'une série temporelle avec pour hypothèse alternative celle d'une tendance.
- La procédure de segmentation, initiée par Hubert, a pour principe de découper la série en segments

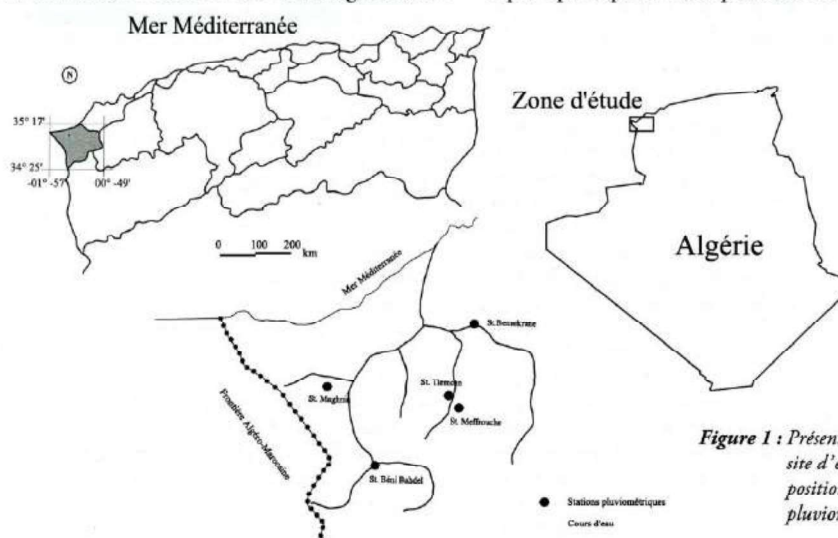


Figure 1 : Présentation du site d'étude et position des stations pluviométriques

chronologiques de telle sorte que la moyenne calculée sur tout segment soit nettement différente de la moyenne des segments voisins [13 - 15]. Pour un ordre donné, la segmentation retenue est celle qui minimise l'écart quadratique entre la moyenne du segment et celle de la série.

- Le test Pettitt, non paramétrique est utilisé pour détecter le changement de stationnarité [12, 14, 16]. Ce test, reconnu par sa robustesse, dérive du test de Mann-Whitney [17]. Il est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne. L'absence de rupture dans une série chronologique constitue l'hypothèse nulle d'homogénéité. Si l'hypothèse nulle est rejetée, il propose une estimation de la date de rupture.
- La méthode bayésienne de Lee & Heghinian est une approche paramétrique qui requiert une distribution normale des variables étudiées. L'absence de rupture dans la série constitue l'hypothèse nulle. La méthode établit la distribution de probabilité à posteriori de la position dans le temps d'un changement [12 & 18].

Afin de mettre en évidence la tendance globale de la pluviométrie au niveau des 5 stations sélectionnées, on calcule à l'échelle annuelle l'Indice Centré Réduit, ICR. Celui-ci est défini comme le rapport de l'écart à la moyenne inter-annuelle sur l'écart type des hauteurs pluviométriques annuelles :

$$ICR = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad (1)$$

où : $\bar{P}$ est la moyenne inter-annuelle et σ l'écart type de la série des hauteurs annuelles.

L'indice ICR permet à la fois d'observer la variabilité inter-annuelle, les périodes de déficit et d'excédent, mais aussi de comparer les séries entre elles.

4. Résultats

Les hauteurs des pluies annuelles dans la zone d'étude oscillent en moyenne entre 390 et 660 mm. Le rapport entre les hauteurs maximales et minimales qui est en moyenne de 4,2, varie de 3,2 à la station de Tlemcen et 5,8 à la station de Maghnia. Au fil des ans, la variabilité des pluies traduite par le coefficient de variation, est assez importante (Tab. 2). La plus forte variabilité est observée au niveau de la station de Maghnia avec un coefficient de variation $C_v = 36\%$. De plus, et contrairement aux autres stations, la répartition des apports annuels de part et d'autre de la moyenne est non homogène. Exprimée par un coefficient d'asymétrie $C_s = 63\%$ fortement positif, la distribution des apports pluviométriques est dissymétrique à gauche. En effet, ce sont les années de faible pluviométrie qui caractérisent la station de Maghnia. Toutefois, des précipitations relativement excédentaires peuvent survenir à des fréquences

plus ou moins faibles. Pour les autres stations, la variabilité des pluies est de même ordre quoique les stations de Tlemcen et Bensekrane présentent une dissymétrie plus accentuée que celles de Béni Bahdel et Meffrouche.

Tableau 2 : Principaux paramètres statistiques caractérisant les distributions des précipitations inter-annuelles recueillies sur les cinq stations d'étude.
(1 : Béni Bahdel, 2 : Meffrouche, 3 : Tlemcen, 4 : Bensekrane, 5 : Maghnia)

Caractéristiques	1	2	3	4	5
Bassins					
Moyenne $\bar{P}$ (mm)	471	659	596	455	391
Médiane P_m (mm)	476	665	588	432	353
Maximum P_{max} (mm)	756	1062	1004	791	729
Minimum P_{min} (mm)	202	281	311	184	125
Ecart type σ (mm)	131	196	155	137	139
Coef. variation C_v (%)	27.7	29.8	26.0	30.1	35.5
Coef d'asymétrie C_s (%)	6.1	5.6	26.2	36.0	62.9

Pour les 5 stations, la tendance globale des pluies est à la baisse. Les coefficients angulaires varient de -1,05 à -4,74 (Fig. 2). Ces valeurs traduisent des baisses annuelles moyennes de pluviométrie entre 1mm et jusqu'à presque 5 mm. Pour la station de Meffrouche pour laquelle le déficit est le plus important, la décroissance pluviométrique enregistrée au cours de la période d'étude atteint près de 313 mm soit un taux de -47%. L'indice ICR quant à lui, tout en confirmant la tendance négative des pluies, permet d'identifier les séquences humides et sèches enregistrées. Ainsi, pour toutes les stations, le nombre d'années humides est presque identique à celui des années sèches, sauf que d'une part, les déficits sont plus accentués que les excédents et d'autre part, la date de rupture pour l'ensemble des stations se localise dans la décennie 1970.

Le test de corrélation sur le rang appliqué aux 5 séries pluviométriques indique le caractère non aléatoire de ces dernières aux seuils de confiance de 90, 95 et 99%. Les autres tests indiquent qu'il y a bien eu rupture de l'homogénéité dans toutes les séries pluviométriques. La date de cette rupture se localiserait au milieu des années 1970 (Tab. 3). Seule la station de Bensekrane a connu la rupture au milieu des années 1960. A la station de Maghnia, la méthode de segmentation de Hubert donne à elle seule 2 dates de rupture. Même si la station entre 1966 et 1980, a connu une période excédentaire, le déficit qui a suivi a été très important (45%). Pour les autres stations, le déficit pluviométrique est de l'ordre de 26%.

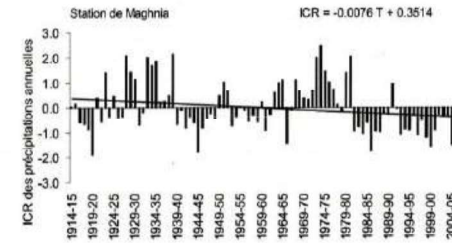
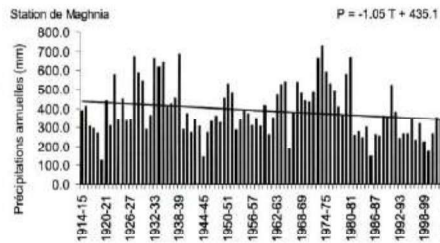
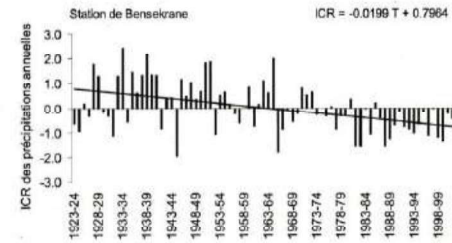
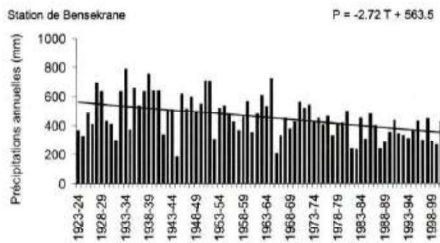
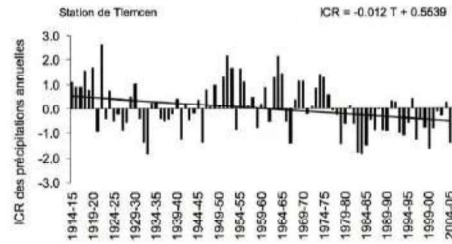
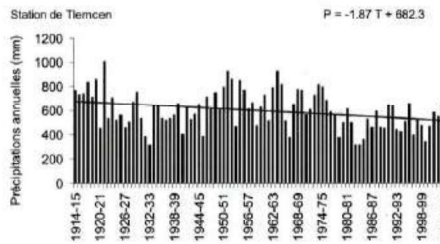
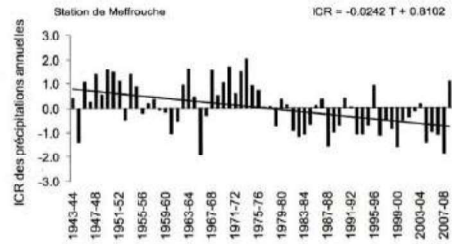
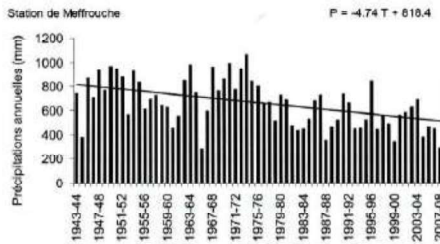
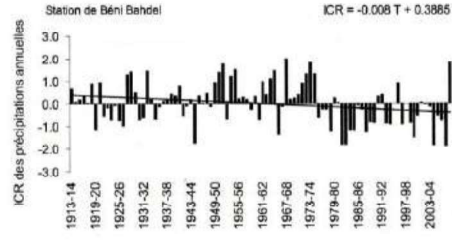
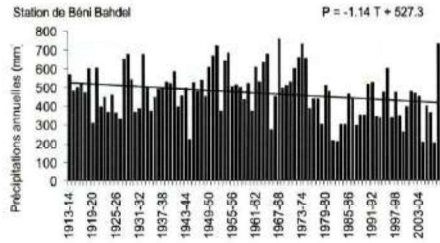


Figure 2 : Tendence globale des pluies et indice ICR pour les 5 stations d'étude.

Tableau 3 : Tests statistiques de rupture des séries pluviométriques à l'échelle annuelle
(1: Béni Bahdel, 2 :Meffrouche, 3 : Tlemcen, 4 : Bensekrane, 5 : Maghnia)

Station	T.P	T.LH	S.H	MavR	MapR	D (%)
1	1974-75	1974-75	1974-75	514.7	394.1	-23.4
2	1975-76	1977-78	1977-78	759.8	546.0	-28.1
3	1976-77	1976-77	1976-77	640.7	483.3	-24.6
4	1965-66	1965-66	1965-66	518.6	381.7	-26.4
5	1980-81	1980-81	1966-67	394.6	527.7	+25.2
				527.7	287.9	-45.4

T.P : Test de Pettitt, T.LH : Test de Lee Héghinian, S.H : Segmentation de Hubert, MavR : Moyenne avant la rupture, MapR : Moyenne après la rupture, D : Différence.

Dans l'année hydrologique, des essais de détection de rupture ont été effectués sur les séries pluviométriques saisonnières pour mieux comprendre leurs apports dans la réduction de la pluviométrie annuelle. Concernant les pluies d'automne et d'été, aucune rupture significative n'a été détectée pour les 5 stations (Tab.4). De même, l'hypothèse d'homogénéité des séries est confirmée par le test sur le rang. Par contre, ce sont les pluies d'hiver et de printemps qui contribuent à l'évolution du régime pluviométrique. Les trois tests donnent des dates de rupture plus ou moins différentes. La méthode de segmentation de Hubert qui permet de quantifier les déficits, les évalue de 33 à 56%. Il est à noter que quelques séquences humides ont été enregistrées. Leurs durées sont courtes sauf à la station de Tlemcen où la séquence humide a duré 22 ans en hiver.

Tableau 4 : Tests statistiques de rupture des séries pluviométriques à l'échelle saisonnière (A : Automne, H : Hiver, P : Printemps, E : Été)

Station	Saison	T.P	T.LH	S.H	MavR	MapR	D (%)
1	A	-	1996-97	-	92.4	92.4	-
	H	1973-74	1973-74	1973-74	228.3	153.0	-33.0
	P	1975-76	1975-76	1974-75	202.1	124.1	-38.6
	E	-	-	-	18.7	18.7	-
2	A	-	-	-	140.8	140.8	-
	H	1980-81	1950-51	1950-51	365.2	239.2	-34.5
	P	1975-76	1975-76	1966-67 1975-76	256.1 416.5	416.5 184.7	+62.6 -55.6
	E	-	-	-	22.9	22.9	-
3	A	-	-	-	127.0	127.0	-
	H	1964-65	1964-65	1923-24 1945-46 1964-65	355.9 225.3 368.7	225.3 368.7 183.6	-36.7 +63.6 -49.8
	P	-	-	-	191.9	191.9	-
	E	-	-	-	21.3	21.3	-
4	A	1960-61	1941-42	1941-42	149.1	98.3	-34.1
	H	1965-66	1965-66	1965-66	229.1	151.1	-34.0
	P	-	1976-77	1970-71 1975-76	143.7 242.0	242.0 111.5	+68.4 -53.9
	E	-	-	-	14.1	14.1	-
5	A	-	-	-	88.8	88.8	-
	H	-	-	-	158.7	158.7	-
	P	1945-46	1969-70	1969-70 1975-76	116.3 265.8	265.8 133.0	+28.5 -50.0
	E	-	-	-	14.6	14.6	-

5. Discussion et conclusion

En étudiant les données de 120 postes pluviométriques du Nord de l'Algérie, Laborde [19] a mis en évidence une succession de quatre phases pluviométriques :

- Une longue phase où la pluviométrie est supérieure à la moyenne de 6 %, de 1922 à 1938.
- Une courte phase sèche débutant en 1939 et s'arrêtant en 1946 à l'ouest et au centre du pays (déficit de l'ordre de 11 %).
- Une phase pluvieuse qui dure jusqu'en 1972 environ.
- Une longue phase sèche qui s'affirme dès la fin de 1973.

Ces résultats sont confirmés à quelques années près, par le peu de travaux réalisés dans diverses régions d'Algérie, notamment dans sa partie occidentale. Malgré que la plupart des études localisent le début de la phase sèche au milieu des années 1970 [6, 7, 9, 10, 13], d'autres indiquent que la décroissance pluviométrique a commencé dès le début de la décennie 1960 dans quelques régions du pays Refs. [8 & 20]. Ainsi, Meddi et Meddi [6] indiquent que la courte phase humide s'est étalée du milieu des années 1940 jusqu'au milieu des années 1970. Depuis cette date, les années déficitaires se succèdent. Ils estiment ces déficits à 36% dans la région de Mascara et à 20% dans la plaine de la Mitidja. Meddi et al. [21] quant à eux tout en confirmant la date de rupture (milieu de la décennie 1970) évaluent le déficit pluviométrique à 38% à Ain Fekane, 40% à Ras El Ma et 39% à Ben Badis.

Ces chiffres vont dans le même sens que ceux mis en évidence dans ce travail. En effet, Ghenim et al. [10] puis Ghenim et al. [7], en étudiant séparément les bassins versants du Meffrouche et la Tafna à Béni Bahdel révèlent en plus de la tendance à la baisse et les dates de rupture, que ce sont les pluies d'hiver et de printemps qui ont vraiment diminué. Les saisons d'automne et d'été n'ont pas connu de rupture. Elles ont même enregistré des précipitations relativement importantes.

Toutes ces conclusions vont dans le sens que notre pays, à l'instar des autres pays du Maghreb et même du Sahel accuse une latente phase sèche qui s'est traduite par un stress hydrique très important.

Références bibliographiques

- [1] IPCC. Climate change. In The IPCC Second Assessment Report, Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K (eds). Cambridge University Press: New York. Kalkstein, 1996.
- [2] Romero, R., Guijarro, JA. and Alonso, S., A 30-year (1964–1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: first exploratory study. *International Journal of Climatology*, Vol.18, 1998.
- [3] Mehta, AV. and Yang, S., Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements. *Advances in Geosciences*, Vol. 17, 2008.
- [4] Ould Cherif Ahmed, A., Yasuda, H., Hattori, K. and Nagasawa, R., Analysis of rainfall records (1923–2004) in Atar-Mauritania *Geofizika* Vol. 25 No. 1, 2008.
- [5] Mahé, G. and Paturel, JE., 1896–2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers, *Geoscience* Vol. 341, 2009.
- [6] Meddi, H. et Meddi, M., Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie., *Sécheresse*, Vol. 20, N°1, 2009.
- [7] Ghenim, A., Megnounif, A., Seddini, A. et Terfous, A., Fluctuations hydropluviométriques du bassin versant de l'Oued Tafna à Béni Bahdel (Nord Ouest Algérien)., *Sécheresse*, Vol. 21, N° 2, 2010.
- [8] Meddi, M. et Hubert, P., Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie., In : *Hydrology of the mediterranean and semiarid regions*, IAHS publication, Vol. 278, 2003.
- [9] Ghenim, A., Etude des écoulements et des transports solides dans les régions semi arides méditerranéennes. Thèse de Doctorat en Hydraulique, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie, 2008.
- [10] Ghenim, A., Seddini, A. et Megnounif, A., Evolution de la pluviométrie et son impact sur les apports en eau superficielle : Cas du bassin versant du Meffrouche – Algérie., XXVII^e rencontres universitaires de Génie civil – Génie civil et développement durable, St Malo du 3 au 5 juin 2009.
- [11] Bouanani, A., Hydrologie, Transport solide et Modélisation : Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie). Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie, 2004.

- [12] Lubes, H., Masson, J M., Servat, E., Paturel, J. E., Kouamé, B. et Boyer, JF., Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par applications de tests statistiques. Étude Bibliographique, Orstom, Montpellier, France, 1994.
- [13] Hubert, P., Carbonnel, JP. et Chaouche, A., Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, Vol. 110, 1989.
- [14] Lubes-Niel, H., Masson, JM., Paturel ; JE. et Servat, E., Variabilité climatique et statistique. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité des chroniques. *Revue des sciences de l'eau*, Vol. 11, N°3, 1998.
- [15] Hubert, P., The segmentation procedure as a tool for discrete modeling of Hydrometeorological regimes. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Vol. 14, 2000.
- [16] Pettitt, AN., A non-parametric approach to the change-point problem., *Appl. Statist*, Vol. 28, N° 2, 1979.
- [17] Dagnélie, p., Théorie et méthodes statistiques (vol 2), Les presses agronomiques de Gembloux, 1970.
- [18] Lee, AFS. & Heghinian, SM., A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables., A Bayesian approach. *Technometrics*, Vol. 19, N° 4, 1977.
- [19] Laborde JP., Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500000., Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, projet PNUD/ALG/88/021, une carte avec notice explicative, 1993.
- [20] Meddi, M. et Humbert, J., Étude des potentialités de l'écoulement fluvial dans le Nord de l'Algérie en vue d'une réalimentation des aquifères., In : Eaux sauvages, eaux domestiquées, Hommage à L. Davy, Publications de l'Université de Provence, 2000.
- [21] Meddi, M., Talia, Amel. et Martin, C., Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (nord ouest de l'Algérie), *Géographie Physique et Environnement*, Vol. 3, 2009.