



## **REGIME PLUVIOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED MINA.**

### **RAINFALL PATTERN OF THE WADI MINA WATERSHED.**

***METOUCHI A.<sup>1</sup>, MESMOUS I.<sup>1</sup>, LABADI A.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Laboratoire de Géo-Environnement. Faculté des Sciences de la terre, de Géographie et Aménagement du Territoire. Département de géologie. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.

<sup>2</sup>Laboratoire d'aménagements hydrauliques et environnement, Département de Génie Civil et d'Hydraulique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Mohamed Khider-Biskra

*ametouchi@usthb.dz*

### **RESUME**

Depuis les années '80, le bassin versant de la Mina endure un déficit hydrique chronique, caractérisé par une pluviosité annuelle faible (304mm), irrégulière d'une année à l'autre (on passe d'un pic à un creux d'une année à la suivante) et une sécheresse estivale sévère de juin à août (6% du total moyen annuel).

L'étude des séries pluviométriques a montré que ces variables présentent une évolution par sauts, ce qui en fait autant de segments de mesures temporelles. Pour identifier les cassures, nous avons soumis les séries à un test de détection de ruptures. Le test de Pettitt a mis en évidence deux cassures : l'une en 1971/72 et l'autre en 1981/82. Entre ces deux périodes, le cumul annuel passe de 420mm en moyenne à 262mm, enregistrant une baisse de 158mm de pluie.

Pour évaluer la sévérité de cette baisse, nous avons utilisé deux indices largement utilisés à travers le monde: l'indice de précipitation standardisé de McKee et l'indice d'aridité de E. de Martonne.

Ces indices ont mis en évidence un état de sécheresse chronique marqué par un climat aride et même hyperaride. Les épisodes de sécheresse sont importants en intensité et durée et sont étendus à toute la zone géographique du bassin.

**Mots clés :** la Mina, pluviométrie, ruptures, indicateurs, sécheresse.

## **ABSTRACT**

Since the 1980s, the Mina watershed has been chronically water deficient, characterized by a low annual rainfall (304mm), irregular from one year to the next (from a peak to a low one year to the next) and a severe summer drought from June to August (6% of the annual average).

The study of rainfall series has shown that these variables show an evolution by jumps, which makes them so many segments of temporal measurements. To identify the breaks, we subjected the series to a break detection test. Pettitt's test revealed two breaks: one in 1971/72 and the other one in 1981/82. Between these two periods, the cumulative annual declines from 420mm to 262mm, recording a decrease of 158mm of rain.

To evaluate the severity of this decline, we used two widely used indices around the world: McKee's standardized precipitation index and E. de Martonne's aridity index.

These indices revealed a state of chronic drought marked by an arid and even hyper-arid climate. Drought episodes are important in intensity and duration and are extended to the entire geographical area of the basin.

**Key words:** Mina, rainfall, breaks, indicators, drought.

## **INTRODUCTION**

Le réchauffement global du climat est actuellement reconnu tant les indices sont visibles tels la fonte des glaciers et les diverses modifications dans la faune et la flore mais ses répercussions sur la pluviométrie sont encore mal connues.

Ce changement du climat mondial a induit au niveau local une perturbation des précipitations avec des caractères extrêmes qui nécessitent une attention particulière afin de se prémunir de dangers à venir (crues violentes et longues périodes de sécheresse).

Cette crainte suscitée par l'impact du changement climatique sur le régime pluviométrique national est justifiée par l'augmentation du nombre d'événements extrêmes violents (fig.1) et ses fréquentes manifestations catastrophiques telles les inondations et les longues périodes de sécheresses.

C'est dans ce contexte que nous avons abordé ce travail afin de comprendre le régime pluviométrique du bassin versant de la Mina et expliquer la situation de

déficit hydrique chronique que vivent les populations locales dont l'activité économique essentielle consiste en l'élevage et en l'agriculture.

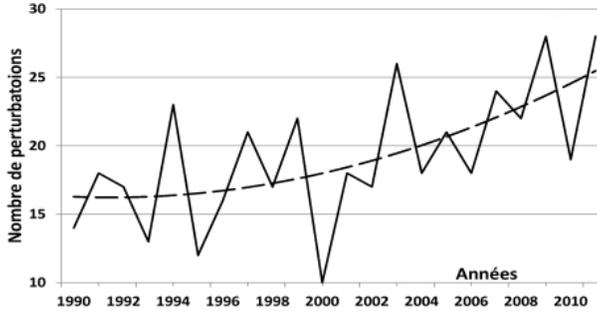


Figure 1 : Evolution du nombre de perturbations sévères qui ont traversé l'Algérie

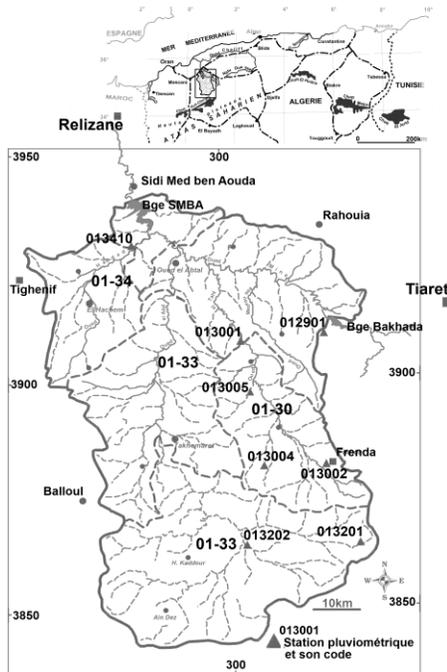


Figure 2 : Localisation du bassin versant et position des stations pluviométriques.

## **PRESENTATION DU BASSIN VERSANT**

Le bassin versant de l'oued Mina (fig.2) appartient au grand bassin versant de l'oued Chélif, le plus grand du nord de l'Algérie avec une superficie de 44 630km<sup>2</sup>. Il s'étend sur 6100 km<sup>2</sup> et comprend trois (03) principaux affluents, l'Oued Haddad, l'Oued El-Abd et l'Oued El-Taht qui constituent autant de sous-bassins.

### **Données disponibles**

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques a bien voulu mettre à notre disposition huit (08) stations de mesures pluviométriques (fig.2).

En ce qui concerne les données thermométriques, faute d'une station locale, nous avons été amenés à prendre la station de Tiaret, que l'Organisation Nationale de Météorologie a bien voulu mettre à notre disposition.

### **Caractéristiques climatique**

Les températures moyennes annuelles restent faibles (15°C) mais très variables et présentent d'énormes écarts. La température moyenne de la période estivale est de 30°C, celle de la période hivernale de 10°C (1912-2011).

En juillet, les températures maximales enregistrées avoisinent 41°C en moyenne une année sur deux. La température maximale absolue est de 49°C et la minimale de -12°C. Au cours d'un même mois, l'amplitude atteint 36°C une année sur quatre. L'évaporation est importante, intensifiée par les vents desséchants de l'été avec en moyenne quinze jours de sirocco.

La courbe de distributions des températures moyennes (fig.3) montre une tendance générale vers le réchauffement avec une augmentation de température de 0.8°C sur l'ensemble de la période. Même les maximales annuelles moyennes présentent une tendance croissante avec une augmentation de près de 4°C sur l'ensemble de la période.

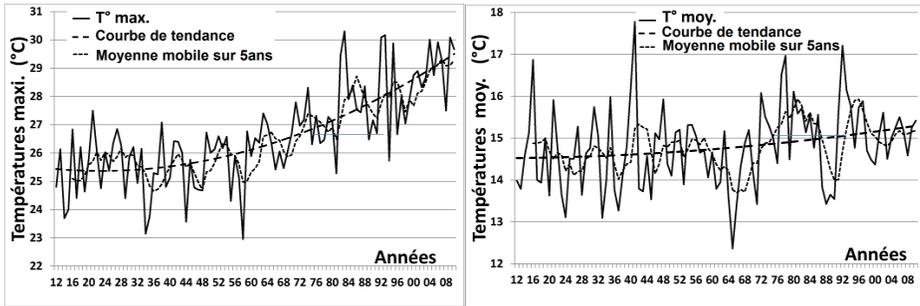


Figure 3 : Distribution des températures annuelles.

## DISTRIBUTION DES PRECIPITATIONS

### Paramètres statistiques

Les stations présentent des séries de mesures d'extension très variable. Toutes présentent des lacunes d'observations mais nous avons jugé plus adéquat de présenter les paramètres statistiques avec les seules mesures naturelles, les valeurs artificielles apportant peu d'information supplémentaire.

Les paramètres statistiques des séries d'observation (tab.1) indiquent des distributions très dispersées autour de la moyenne (fig.4) avec des coefficients de variation (Sd/Mean) élevés atteignant 52.2% dans le cas de la station 013202. Les stations 013005 et 013410 font néanmoins apparaître des données plus regroupées avec moins de dispersion. Excepté la station 013005, toutes les autres présentent des étendues (Rge) supérieures à la moyenne de la série atteignant 216% à la station 013202.

Tableau 1 : Caractéristiques statistiques des distributions de précipitations.

	Moy.	Med.	Min.	Max.	Rge	Q1	Q2	Q1Q	$\sigma$	$C_v$
012901	306.2	301.2	165.7	596.6	430.9	255.3	355.5	100.2	87.5	28.
013001	366.3	346.0	149.8	672.2	522.4	267.4	439.9	172.5	123.7	33.
013002	423.6	418.1	237.1	705.1	468.0	319.6	503.7	184.1	120.5	28.
013004	366.0	364.0	194.8	640.2	445.4	271.7	434.8	163.1	107.3	29.
013005	246.8	238.7	146.0	364.1	218.1	208.8	300.8	92.0	61.1	24.
013201	295.9	285.7	155.7	518.1	362.4	221.3	348.6	127.3	89.1	30.
013202	210.5	178.6	66.7	521.8	455.1	140.9	249.7	108.8	109.9	52.
013410	226.0	226.1	141.4	401.5	260.1	194.6	249.1	54.5	51.7	22.
<b>Moyenne pluviométrique: 304mm</b>										

- Moy: (moyenne), notée  $\bar{x} = 1/n \sum x_i$ . n: taille (effectif) de l'échantillon.
- Med. (médiane): réalisation qui sépare la distribution en deux (02) sous-ensembles de même effectif.
- Min et Max : la plus petite et la plus grande réalisation de la distribution.
- Rge (étendue) : différence entre la plus grande et la plus petite réalisation.
- Q1 (1er quartile) : réalisation dont 25% de l'effectif lui sont inférieurs.
- Q2 (4ème quartile) : réalisation dont 25% de l'effectif lui sont supérieurs.
- Q1Q2 (intervalle interquartile) : différence entre le 4ème et le 1er quartile.
- $\sigma$ : écart-type ;  $\sigma^2$  : variance (écart quadratique moyen) =  $\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$ .
- $C_v$ : coefficient de variation,  $C_v = \sigma / \bar{x}$ .

Les écarts sont très marqués. Les différences sont souvent de plus de 400mm sur deux années successives mais la moyenne et la médiane sont pratiquement confondues. La différence entre le maximum et le minimum annuels enregistrés atteint 522mm à la station 013001 et 468mm à la station 013002 (fig.5).

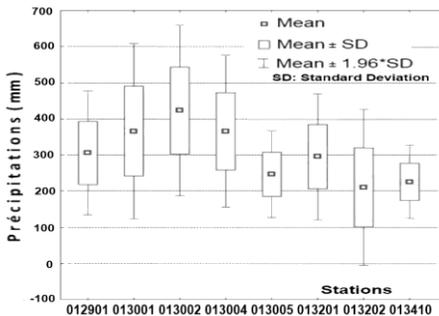


Figure 4 : Répartition des précipitations autour de la valeur moyenne

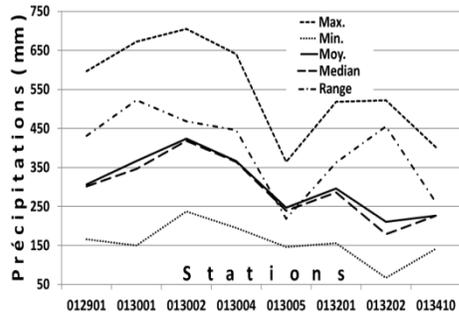


Figure 5 : Distribution des paramètres statistiques

## Evolution des précipitations

### Répartition annuelle

#### - Extension des séries

Les distributions des précipitations possèdent un effectif variable et présentent des interruptions. Nous avons donc procédé au comblement des lacunes et à l'extension des séries d'observations par régression jusqu'en 2006/07. Nous

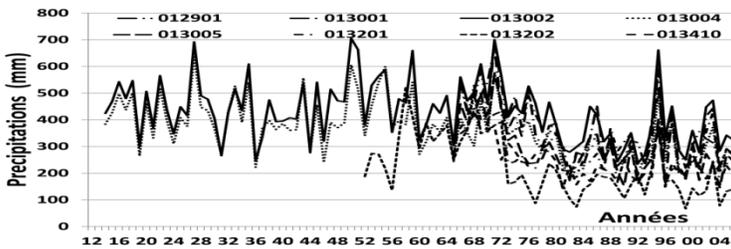
avons ainsi obtenu deux séries (013002 et 013004) qui débutent depuis 1914/15, une série (013202) depuis 1952/53 et les cinq autres, depuis 1965/66.

**- Variabilité des séries**

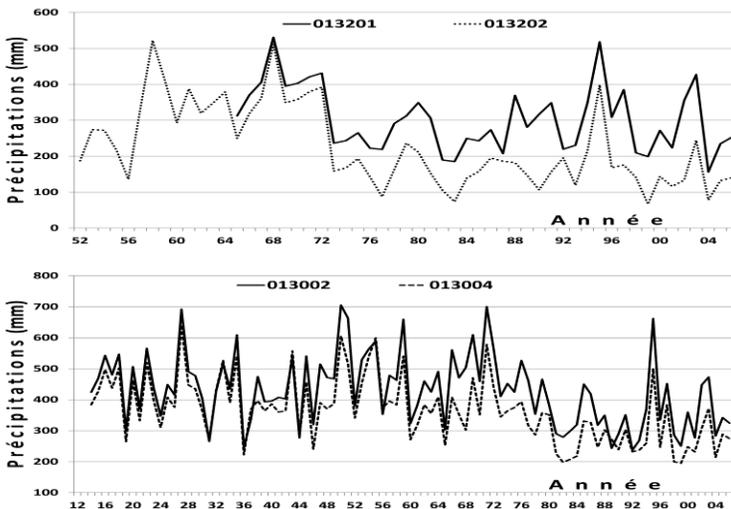
Les distributions de précipitations sont marquées par une grande hétérogénéité et se distinguent par d'importantes variations marquées par une succession de pics et de creux passant d'un extrême à l'autre d'une année à la suivante (fig. 6).

La répartition spatiale des pluies est également très inégale. Elles passent de 210mm seulement à la station 013202 à 424mm à la station 013002 pourtant très proches l'une de l'autre.

Il est tout de même à signaler le pic exceptionnel de 1995/96 commun à toutes les stations.



**Figure 6 :** Distributions des précipitations.



**Figure 7 :** Précipitations aux stations 013002/013004 et 013201/023202.

Dans l'ensemble, les stations ne présentent pas d'ordre de progression précis mais deux couples évoluent de manière similaire, les stations 013002-013004 et -013201-013202 (fig.7).

Cette variabilité des précipitations ne semble pas associée à la position géographique des stations (fig.8) ce qu'illustre le couple de stations 013002 et 013202. Proches et situées pratiquement à même altitude, ces deux stations se distinguent par la quantité de précipitations qu'elles reçoivent nettement à l'opposé l'une de l'autre. La station 013002 reçoit 424mm de précipitations alors que la station 013202 ne reçoit que 210mm, soit moitié moins.

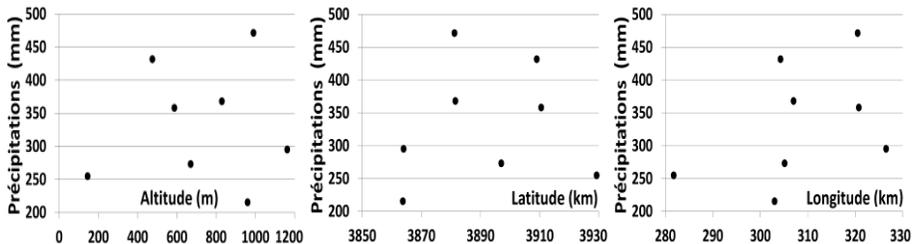


Figure 8 : Variation des précipitations suivant la position géographique des stations.

L'analyse de ces séries de données montre clairement une baisse des valeurs de précipitations depuis 1914/1915 à 2006/2007. Cette baisse ne s'est pas faite d'une manière monotone mais par paliers. Le test de détection de rupture de PETTITT permet de localiser ces cassures dans l'évolution des séries.

### Répartition mensuelle

Les distributions des précipitations mensuelles montrent une évolution régulière qui s'étale depuis octobre à mai, avec une période de plus forte pluviométrie située entre décembre et avril où il tombe 60% des précipitations totales. De juin à août, il ne tombe que 6%, ce qui en fait la période la plus sèche (fig.9).

Les stations montrent des écarts importants concernant la quantité précipitée. Au sein d'un même mois, l'écart atteint 34mm entre les stations à forte pluviométrie (013001 et 013002) et celles à faible pluviométrie (013202 et 013410).

Les extrêmes évoluent d'une manière désordonnée et présentent un déséquilibre et une grande variabilité aussi bien spatiale que temporelle (fig.10). Les cumuls mensuels varient de 20mm à 50mm alors que les extrêmes varient de 30mm à 70mm et même plus (tab.2). Quatre stations ont enregistré des événements supérieurs à 70mm représentant près de 25% du cumul moyen annuel et

dépassant largement le cumul mensuel moyen le plus élevé. Le pic absolu est enregistré en décembre de l'année 1970 avec 89.6mm de pluie.

Ces pics de précipitations, présentent un grand potentiel de destruction en raison de la topographie et sont souvent source de catastrophes. Ils sont générateurs de crues et combinées au relief de la région qui présente une dénivelée de plus de 1000m, la vitesse d'écoulement de l'eau augmente. Ces crues peuvent être violentes et sont généralement accompagnées d'inondations et de destructions en matériel et perte en vie humaine.

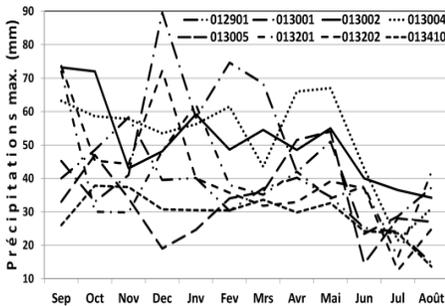


Figure 9 : Cumuls mensuels moyens

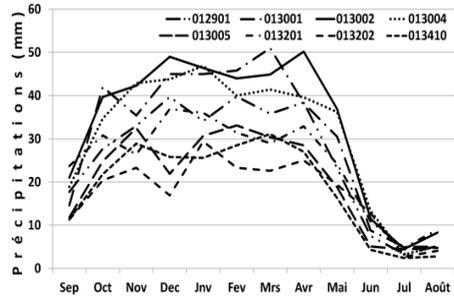


Figure 10 : Extrêmes mensuels.

Tableau 2 : Extrêmes absolus.

Station	Préc. moy. An. (mm)	Préc. max (mm)	Date
013001	366.3	89.6 (24.5% Pmoy)	12.1970
		74.6 (20.4% Pmoy)	02.1996
013002	423.6	73.2 (17.3% Pmoy)	09.1950
		72.0 (17.0% Pmoy)	10.1966
013201	295.9	72.0 (24.3% Pmoy)	09.1982
013202	210.5	73.6 (35.0% Pmoy)	09.1969
		72.2 (34.3% Pmoy)	12.1969

### Identification des ruptures dans les séries

Le test de rupture de Pettitt met en évidence statistiquement les éventuels changements dans des séries de mesures. Ce test permet ainsi de détecter les ruptures ainsi que l'importance et la significativité des tendances climatiques des séries dans le temps.

Le test de PETTITT situe une première cassure en 1971/72. Afin d'obtenir une nouvelle date de rupture après qu'une première date ait été identifiée, une sous-série de données est constituée, qui va de la première rupture à la fin de la série. Les sous-séries ainsi constituées sont à nouveau soumises au test.

La répétition du test avec les sous-séries qui va de la date de la première rupture à la fin de la série situe une deuxième cassure en 1981/82 (fig.11). La baisse entre les deux paliers est conséquente.

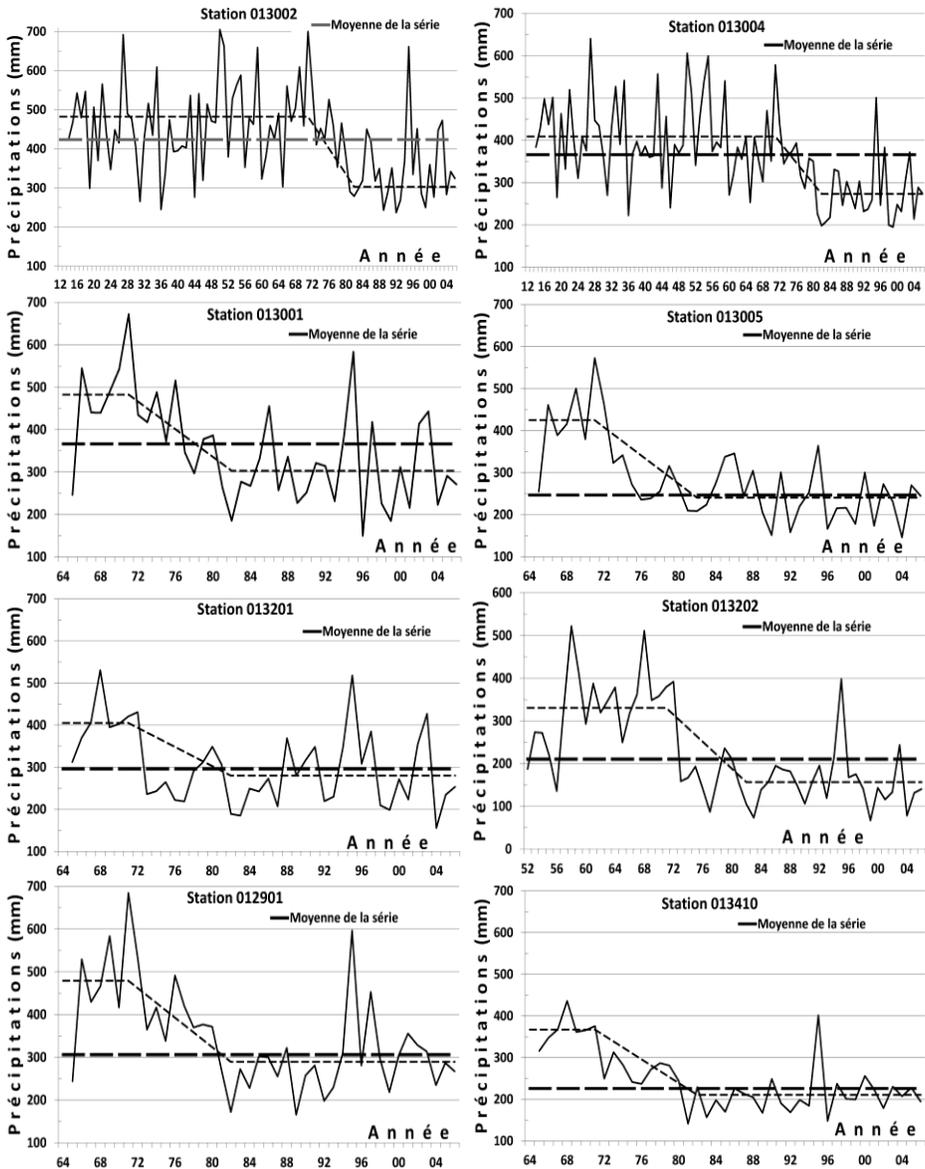


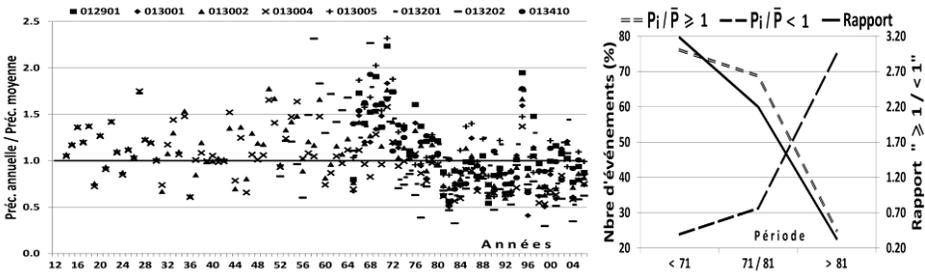
Figure 11 : Ruptures dans les séries.

D'une moyenne de 420mm au premier palier (période antérieure à 1971/72), celle-ci s'effondre à 262mm au deuxième palier (après 1981/82), soit une diminution de 158mm de pluie (tab.3).

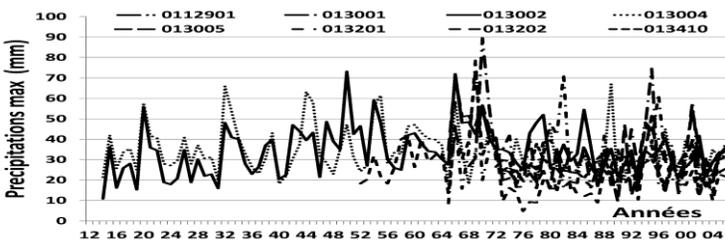
**Tableau 3 :** Valeurs de précipitations aux différents paliers.

012901	013001	013002	013004	013005	013201	013202	013410	Moy	Paliers
479.2	482.5	465.8	408.8	424.9	405.2	330.5	367.3	<b>420.5</b>	<1971/72
289.3	303.1	347.1	273.2	240.3	279.9	156.4	210.6	<b>262.5</b>	>1981/82
189.9	179.4	118.7	135.6	184.5	125.3	174.1	156.7	<b>158.0</b>	# <sup>ce</sup>

Cette diminution dans le régime des précipitations est particulièrement mise en évidence par le rapport ( $P_i / \bar{P}$ ) représentant la quantité précipitée durant l'année  $i$  et la moyenne de la distribution. Le rapport montre en effet clairement une baisse généralisée des précipitations sur l'ensemble du bassin depuis 1972/73. Cette année semble marquer une période de déficit pluviométrique où les valeurs enregistrées sont inférieures à la moyenne, alors qu'auparavant elles sont à dominantes largement supérieures (fig.12). Le rapport entre le nombre d'événements où  $P_i / \bar{P}$  est supérieur à 1 et quand il est inférieur à 1 passe de 3.2 pour la période ante 1971/72 à 0.3 pour la période post 1981/82.



**Figure 12 :** Distribution du rapport  $P_i / \bar{P}$ .



**Figure 13 :** Distribution des précipitations maximales annuelles

Les maximums pour leur part ne semblent pas montrer de tendance précise même s'ils sont plus fréquents et de plus grande intensité après 1981/82 (fig.13).

## CARACTERISATION DU DEFICIT PLUVIOMETRIQUE

Des experts de nombreux pays et divers organismes spécialisés dans l'étude et le suivi de la sécheresse dans le monde et même l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) apprécient la souplesse d'utilisation de l'Indice Standardisé de Précipitation et recommandent son utilisation par tous les Services météorologiques et hydrologiques nationaux.

Il est considéré comme la meilleure alternative pour caractériser une sécheresse et pour évaluer la sévérité du déficit pluviométrique.

### Principe de l'Indice Standardisé de Précipitation (SPI)

L'Indice Standardisé de Précipitation appelé SPI (de l'anglais "Standardized Precipitation Index"), développé par McKee T.B. et al. (1993 et 1995) au Colorado Climate Center de l'Université du Colorado, représente la différence entre la variable  $P_i$  de l'année  $i$  et la moyenne  $P_m$  de l'ensemble de la série ramenée à l'écart type  $\sigma$  de la série. L'indice se définit de cette manière comme une variable centrée réduite:  $SPI = (P_i - P_m) / \sigma$ .

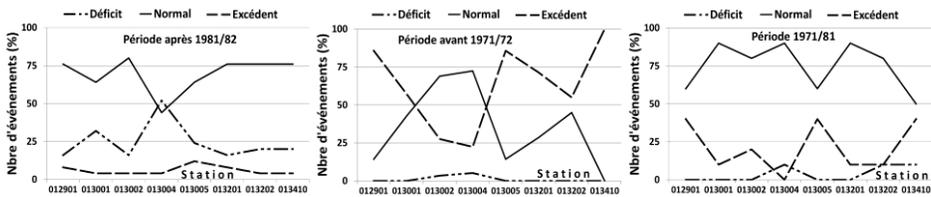
Le SPI permet de déterminer le déficit de précipitations pour une région donnée. Une sécheresse (déficit de pluie) débute quand la valeur de l'indice est inférieure ou égale à -1.0 et la période humide (excédent de pluie) quand l'indice est supérieur ou égal à 1.0 (tab.4).

**Tableau 4 :** Valeurs de l'indice SPI

Valeurs	Classes	Catégorie
2,0 et plus	Extrêmement humide	Excédent
de 1,5 à 1,99	Très humide	
de 1,0 à 1,49	Modérément humide	
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale	Normal
de -1,0 à -1,49	Modérément sec	Déficit
de -1,5 à -1,99	Très sec	
-2 et moins	Extrêmement sec	

## RESULTATS

Les valeurs du Standardized Précipitation Index sont très fluctuantes mais montrent clairement une baisse généralisée des précipitations sur tout le bassin depuis 1981/82 (fig.14). Les périodes sont nettement individualisées. Nous passons ainsi d'une phase où les excédents pluviométriques sont dominants (période avant 1971/72) à une phase où les déficits pluviométriques dominent (période après 1981/82).



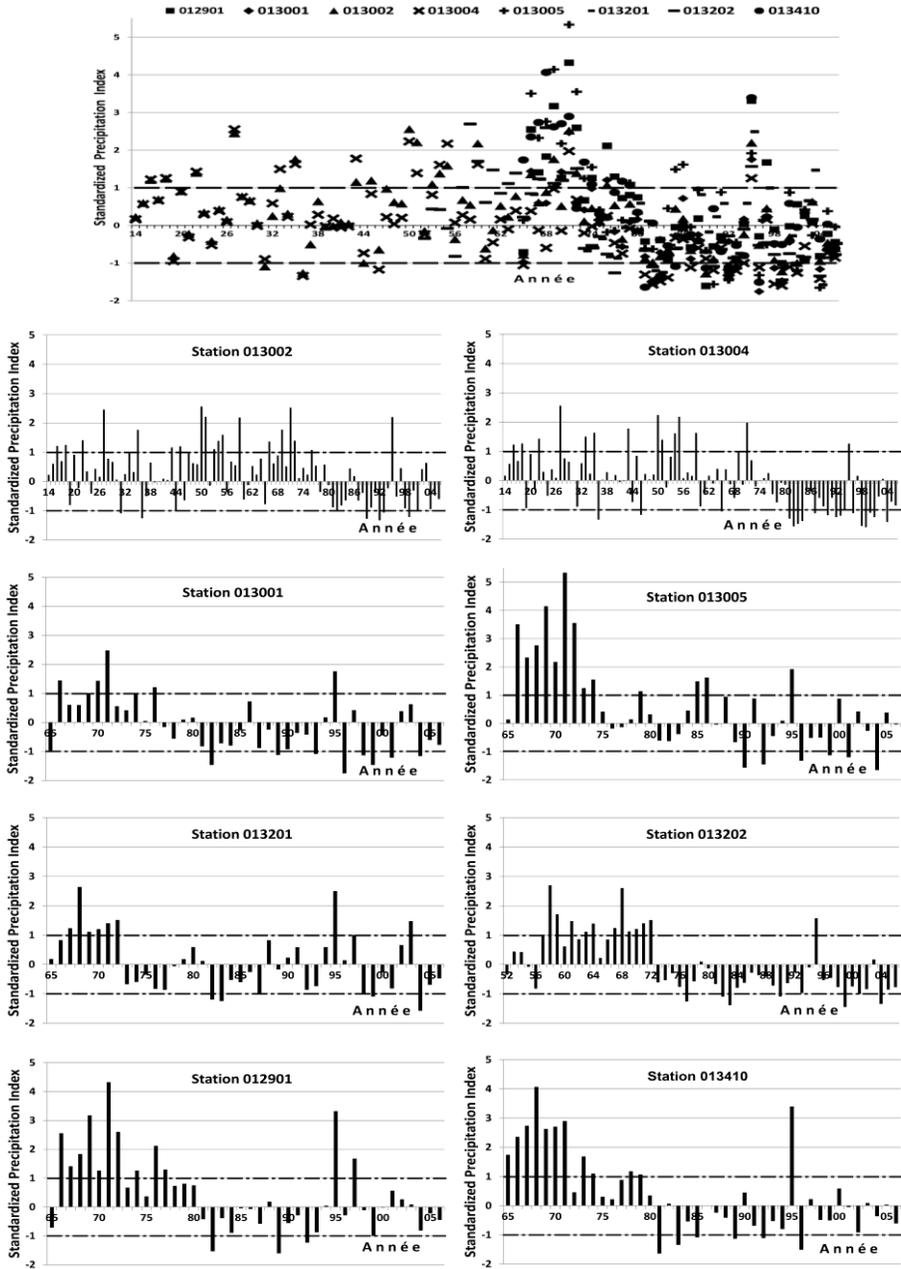
**Figure 14 :** Nombre d'événements enregistrés par catégorie.

Même si l'indice reste dans les limites de la classe de l'état normal, il reste en majorité négatif et marque ainsi tout de même un état de sécheresse, même légère, durable et étendue à tout le bassin (fig.15).

Les deux périodes, avant 1971/72 et après 1981/82) se distinguent nettement avec une phase de transition entre 1971/72 et 1981/82. On passe carrément d'une période humide avec des pluies relativement abondantes à une période de déficit pluviométrique de sévérité variable mais persistante.

Durant toute la période post 1981/82, seuls quelques rares épisodes pluvieux peuvent être classés comme des événements humides. A l'exception du pic de 1995/96 qui émerge au niveau de toutes les stations, seules quelques valeurs positives, quoique faibles, apparaissent sporadiquement.

Ainsi, avec une quantité d'eau reçue dans ces zones fortement réduite, l'approvisionnement en eau des populations est compromis.



**Figure 15 :** Evolution historique du Standardized Précipitation Index.

## INCIDENCE SUR LE CLIMAT

Le caractère climatique d'une région constitue un facteur limitatif très important de la disponibilité de l'eau. Pour estimer la sévérité d'une sécheresse, une appréciation qualitative n'est pas suffisante. Un indice numérique reste nécessaire. L'indice de E. de Martonne (tab.5), simple et pratique divise le climat en classes:  $I = P/(T+10)$ .

P : précipitation annuelle moyenne (en mm).

T : température annuelle moyenne (°C).

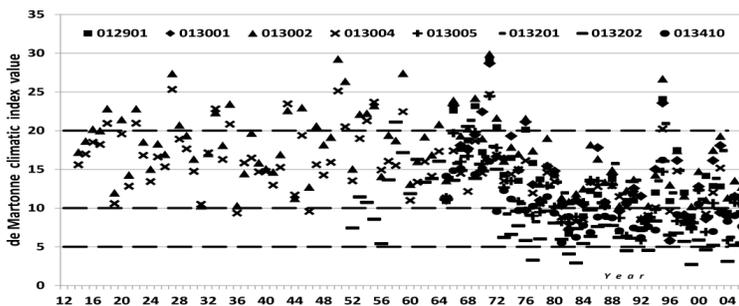
**Tableau 5** : Classification du climat.

Valeurs de I	Type de climat
40 à 45	hyper humide
30 à 40	humide
20 à 30	semi-humide
10 à 20	semi-aride
5 à 10	aride
0 à 5	hyper aride

Nous remarquons à travers cet indice que le climat global est franchement semi-aride à aride. L'évolution vers un climat aride à partir de 1971/72 est remarquable (fig.16).

Durant la première période (<1971/72), le climat varie de semi-aride à semi-humide. Par contre il est franchement semi-aride à aride avec même des épisodes hyper arides au cours de la deuxième période (>1981/82).

A titre illustratif, des valeurs de I inférieures à 5 sont comparables à celles des déserts absolus à l'exemple de la vallée de la mort (USA).



**Figure 16** : Indice climatique de E. de Martonne.

## CONCLUSION

Les variations prononcées des paramètres climatiques rendent une appréciation globale des caractéristiques de la région incertaine. D'ailleurs, Seltzer P. (1946) a qualifié le climat de la région de 'curiosité météorologique'.

La région de l'oued Mina est située en zone aride donc en zone naturellement sensible et fragile, variant entre deux (02) extrêmes climatiques, une abondante pluviométrie dépassant le double de la moyenne régionale et une sévère aridité atteignant juste 40%, pratiquement une (01) année sur cinq (05).

Les séries évoluent par sauts, ce qui soulève la question de leur comportement dans le futur et de leur évolution ainsi que de la validité de la notion de module pluviométrique et de la signification des projections statistiques. L'évolution est visible, mais les résultats ne suffisent pas à en certifier la cause.

Entre changement climatique, évolution du bassin versant et simple variabilité naturelle ou cyclique, on ne peut pas trancher à cette échelle. Nous pouvons néanmoins dire que ces modifications de grande amplitude dans les systèmes hydrologiques entraîneront certainement, à moyen ou long terme, des répercussions irrémédiables sur les sociétés humaines et l'environnement.

## REFERENCES

- ACHITE M., TOUBAL A. K., MANSOUR H., AMRANI CH. (2014). Etude de la variabilité climatique dans le nord-ouest algérien (Bassin versant de l'Oued Mina): approche statistique. *IJEW*, ISSN 2052-3408, vol. 3, Issue 1, pp116-122.
- AGHRAB A. (2005). Une méthodologie pour caractériser le climat et la sécheresse d'une région. Ed. Le Manuscrit, 51p.
- BEAULIEU C., TAHA B. M., OUARDA J., SEIDOU O. (2007). Synthèse des techniques d'homogénéisation des séries climatiques et analyse d'applicabilité aux séries de précipitations. *Hyd. Sc. J.*, 52:1, 18-37.
- MCKEE T. B., DOESKEN N. J., KLEIST J. (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conf. on Applied Climatology, Boston. American Meteor. Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186.
- MCKEE T. B., DOESKEN N. J., KLEIST J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conf. on Applied Clim. (Dallas, Texas), 233-236.
- MEDDI H., MEDDI M. (2009). Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Sécheresse* 20: 57-65.

- METOUCHI A. (2012). Hydrologie du bassin versant de l'oued Mina dans le contexte de changement climatique mondial. Th. doct. État, FSTGAT-USTHB.
- OMM, (2012). Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé (M. Svoboda, M. Hayes et D. Wood) (OMM-N° 1090), Genève.
- SELTZER P. (1946). Le climat de l'Algérie, travaux de l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie (hors-série), Alger.
- PETTITT A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics, vol. 28, n° 2, pp.126-135.