

Impact du changement climatique sur les ressources en eau et les extrêmes hydrologiques dans le bassin du moyen Chélif

RENIMA Mohammed⁽¹⁾, REMAOUN Mohammed⁽²⁾, SADEUK BEN ABBES Abdelkader⁽³⁾

⁽¹⁾ Institut des sciences Agronomiques, université de Chlef, Hay Salem, route nationale N° 1902000 Chlef, Algérie.

⁽²⁾ Département d'hydraulique, université de Chlef, Hay Salem, route nationale N° 1902000 Chlef, Algérie.

⁽³⁾ département de géoscience-eau et environnement, université de Khemis-Miliana, Algérie.

E-Mails: renimamohamed@yahoo.fr, remaoun2000@yahoo.fr, Sbkd2000@gmail.com

Résumé — L'impact des changements climatiques (CC) sur les pointes des crues a fait l'objet de plusieurs travaux. Cependant, une crue est caractérisée non seulement par sa pointe, mais aussi par d'autres caractéristiques telles que la date du début de l'événement, la date de fin de cet événement, la date de pointe et la durée ainsi que le débit de pointe, le volume, le temps de montée et la forme de l'hydrogramme. Nous avons utilisé la méthode Q.d.F (Débit-durée-Fréquence) pour caractériser le régime des crues sous changement climatique à partir d'une étude qui repose sur les séries hydrométriques au pas de temps variable, ces séries de données climatiques contaminées par des ruptures artificielles ou naturelles dues à des modifications dans les réseaux d'observations (déplacement de station, changement d'instrument de mesure, changement dans l'environnement immédiat d'une station et changement d'observateur, etc.). Ces ruptures sont présentes dans la plupart des enregistrements climatiques et peuvent interférer avec les variations réelles du climat. La détection de ces ruptures est nécessaire pour construire des bases de données qui serviront ultérieurement à analyser le signal climatique et de pouvoir suivre son évolution dans le temps. Une technique plus générale a été développée pour permettre détecter des non-stationnarités dans des séries de débits sup-seuil qui s'appellera test de Lang 1999. Notre étude sera réalisée pour démontrer que cette technique est appropriée à la détection des non-stationnarités dans les séries de débit à différents pas de temps. Enfin, cette hypothèse de détection de changement a une formulation générale qui peut s'étendre à plusieurs variables climatiques qui ont une distribution qui appartient à la famille exponentielle (loi normale, gamma, Poisson).

Mots clé: stationnarité, crues, sup-seuil, lois d'ajustement, moyen Chélif.

I. INTRODUCTION

En Algérie, les conditions climatiques qui prévalent depuis trois décennies ont une influence négative sur la ressource en eau [1]. L'étude d'impact des changements climatiques (CC) sur les pointes des crues a fait l'évaluation, la comparaison et la modélisation à plusieurs niveaux (corrélation, stationnarité, détection des points de ruptures et analyse multivariées) des caractéristiques des crues dans un contexte des changements climatiques (CC). Les CC, causés par l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre, ont des effets sur le cycle hydrologique. En effet, des variations sur les fréquences et les quantités des précipitations pourraient être prévues [2]. De plus, la qualité

des eaux pourrait se dégrader puisqu'elle est directement liée à la quantité d'eau disponible et aux rejets diffus et potentiels. Il est cependant important d'évaluer les effets des CC sur les caractéristiques des crues. L'analyse fréquentielle des crues consiste à échantillonner chaque variable d'intérêt (au moins le débit de pointe d'une crue, ou son volume) et à l'ajuster à une loi statistique (par exemple la loi exponentielle pour les dépassements de seuil, qui correspond sous hypothèse d'un flux d'événements poissonniens à une loi dite Gumbel pour les maximums annuels, dont la classique loi de Gumbel est un cas particulier). Le Cemagref maîtrise une approche qu'il a développée en une variante intégrée dite « Q-d-F », qui exploite la relation entre (1) les distributions statistiques des débits moyens sur diverses durées et (2) celle des débits dépassés sur les mêmes durées. Les premiers sont, à la durée près, assimilables à des volumes et déterminent la gestion physique des phénomènes, tandis que les deuxièmes conditionnent les ruptures de navigabilité, débordements, inondations et autres, soit beaucoup plus l'impact social des événements [3].

II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DONNEES DISPONIBLES

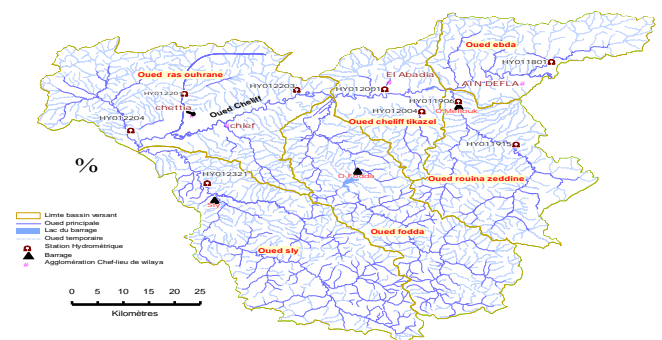


Fig 1. Carte de situation des sous bassins versants de moyen Chélif

Les données traitées sont: les chroniques de débits historiques d'une station d'oueds, Les chroniques de débits sont à pas de temps variables. Ces stations sont situés dans le bassin versant du Chélif code n°01 de l'ANRH (Agence National des Ressources Hydraulique).

Tableau n°1 : caractéristiques des postes hydrométriques.

Code station	Oued	X (m)	Y (m)	Z (m)	Surface (Km ²)	Période disponible
011905	ZEDDINE	432750	312500	376	435	1990-2009
012001	CHELIF	407900	327420	153	26414	1980-2007
012004	TIKEZAL	414300	321700	262	130	1990-2009
012201	OUAHRANE	368100	326650	181	262	1983-2007
012203	CHELIF	393900	327400	320	27820	1983-2007
012311	SLY	372550	301700	85	1225	1985-2009
020207	ALLALA	375750	354300	120	295	1983-2009

III. Méthodologie

L'analyse fréquentielle des crues consiste à échantillonner chaque variable d'intérêt. La durée d'échantillonnage correspond à la durée pendant laquelle le débit dépasse la moitié du débit décennal. Ce débit de la rivière est considéré comme non négligeable. Ainsi pour chaque durée d'échantillonnage, le modèle calcule le débit moyen pour chaque intervalle de temps et pour chaque période de retour et choisi deux événements par ans qui correspondent en général à la plus grande crue de l'année. Il détermine la durée moyenne de dépassement soit de la moitié du débit de pointe si ce dernier est inférieur au débit décennal, soit de la moitié du débit décennal. Cette durée moyenne est nommé "D" dans le modèle, et quatre autres durées sont également intéressantes pour les calculs : 0, D/8, D/4 et D/2. La durée 0 ou « zéro jour » correspond au débit de pointe de la crue [4].

À partir de l'hydrogramme continu "Q(t)" de la chronique annuelle, et pour un intervalle de temps $[t_0, t_0 + d]$, le débit moyen (Volume) caractéristique sur une durée "d" "VCd" correspondant au volume d'eau V" écoulé pendant la durée "d". Pour la même durée "d", un débit seuil caractéristique dépassé "QCXd" peut être défini [5]. Le balayage de tout l'hydrogramme "Q(t)" permet de déterminer, pour chaque durée d'incrémentée d'un pas de temps d'une heure, une séquence de débits moyens (Volume) "VCXd" [6]. L'estimation des débits de pointes par la méthode Q-d-F se fait par la méthode de Gradex, de faire l'extrapolation des débits pour des périodes c'est une méthode qui permet de retours supérieure à 10 ans en utilisant l'ajustement statistique des pluies observées du bassin versant. Plus les périodes de retour sont élevées, plus les incertitudes sur les débits caractéristiques sont importantes, cela dépend du nombre d'années des données disponibles sur la chronique. Pour une période de retour supérieure à 10 ans, prend en compte la valeur des précipitations dans le calcul. En fonction de la surface du bassin versant, il affecte un coefficient, l'ajustement spatial, car la valeur de précipitation donnée se situe au niveau de la station. Ce coefficient est alors en fonction de la précipitation, la période de retour de calcul et évidemment la surface du bassin versant [7].

IV. RESULTAT ET DISCUSSION

A. Zoom sur le bassin versant de l'oued sly

Les débits de la station Ouled Ben Abdelkader (bassin de oued sly) sont enregistrés depuis 12/09/1985 jusqu'au 31/08/2009 pour une durée de 24 ans au pas de temps de 30 minute. Dans la chronique est illustrée dans la figure n°2 ;

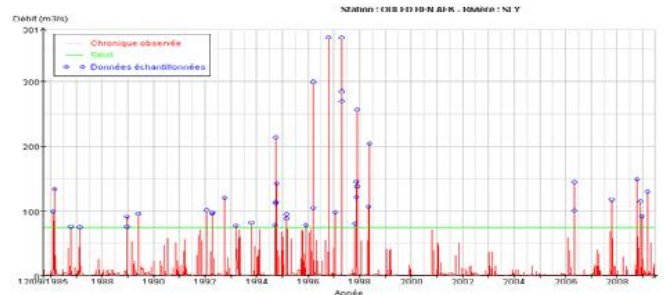


Fig 2. Chronique pas de temps variable de la station d'Ouled Ben Abdelkader

Nous vérifions que les hypothèses pour l'application du modèle convergent sont vérifiées. Les ajustements réalisés indépendamment sur chaque durée tendent effectivement à se croiser en un même point vers les faibles débits. Un échantillonnage sup-seuil [8] a été réalisé pour cinq durées d_i (0, 0.11, 0.22, 0.43 et 0.86 jours) pour objectif de conserver en moyenne deux sélections par ans (Tableau 2). Cet échantillon a été ajusté à une loi exponentielle.

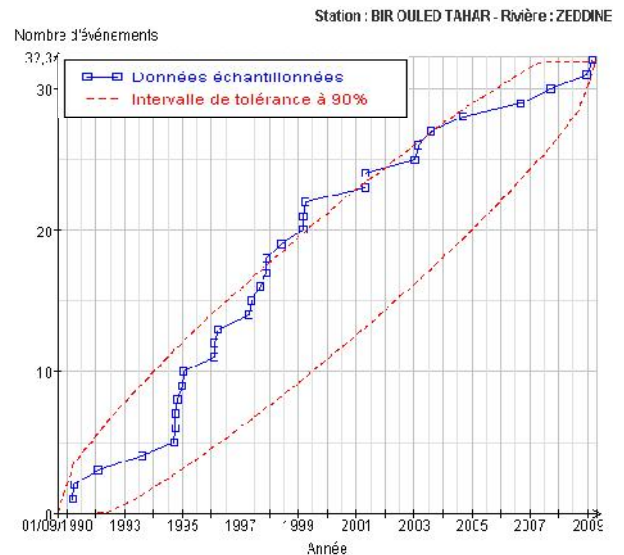


Fig 3.

tationnarité de Lang sur les échantillons sup-seuil.

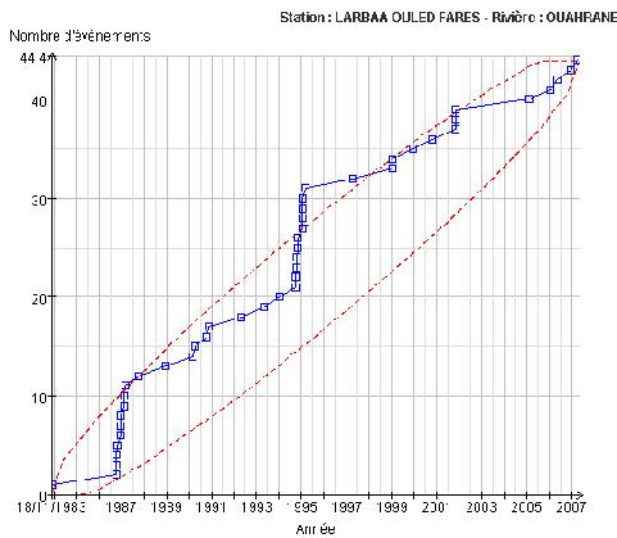


Fig 4.

tationnarité de Lang sur les échantillons sup-seuil

Tableau n°2: paramètres d'ajustement par la loi exponentielle pour Oued sly.

Station d'Oued Sly. Rivière Sly QCX					
Durée en jour	0	0,108	0,216	0,432	0,864
Débit maximum	368	358	343	250	156
Débit moyen (m³/s)	1,74	1,58	1,50	1,39	1,20
Seuil (m³/s)	74,42	45,36	29,82	11,77	5,06
Nombre d'événement par an (N/an)	1,767	1,893	1,977	1,85	1,94
Taux d'Observation (an)	23,77	23,77	23,77	23,77	23,77
Nombre des Valeurs ajustés	42	45	47	44	46
x0 : Paramètre de position	111	76,33	57,70	30,91	14,82
a : Paramètre d'échelle	64,24	48,54	40,91	31,08	14,81
Durée caractéristique (heure)	11	11	11	11	11

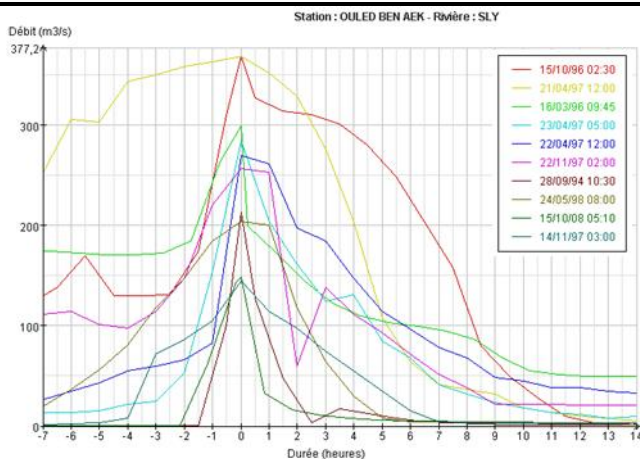


Fig 5. Hydrogrames brut de la station d'oued sly

Nous avons établi les différentes formes des crues représentées dans la figure n°4 où le cœur des événements s'inscrit dans une fenêtre d'une durée caractéristique temporelle de 6 heures.

Tableau n°3: Quantiles théoriques estimés en QCXd (T (ans)) pour le bassin d'Oued Sly

T (an)	Quantiles Qd(T) (m³/s)				
	0	0,108	0,216	0,432	0,864
1	111	76,334	57,698	30,906	14,821
2	156	110	86,054	52,45	25,087
5	214	154	124	80,93	38,658
10	259	188	152	102	48,925
20	303	222	180	124	59,191
30	329	241	197	137	65,196
50	362	266	218	152	72,762
100	407	300	246	174	83,028

Tableau n°4: Quantiles théoriques estimés en VCXd (T (ans)) pour le bassin d'Oued Sly

T (an)	Quantiles V (d, T) (m³/s)				
	0	0,108	0,216	0,432	0,864
1	115	92,678	77,836	58,954	39,695
2	168	136	114	86,358	58,146
5	238	193	162	123	82,538
10	291	236	198	150	101
20	345	279	234	177	119
30	376	304	255	193	130
50	415	336	282	214	144
100	468	379	318	241	162

Tableau n°5: Quantiles modélisé selon le modèle Q-d-F convergent en QCXd du bassin d'Oued Sly

T (an)	Quantiles Q (d, T) (m³/s)				
	0	0,108	0,216	0,432	0,864
1	126	79,156	54,44	30,256	13,287
2	198	125	85,712	47,636	20,92
5	293	185	127	70,612	31,01
10	365	230	158	87,992	38,642
20	437	276	190	105	46,275
30	479	302	208	116	50,74
50	532	336	231	128	56,365
100	604	381	262	146	63,997

Tableau n°6: Quantiles modélisé selon le modèle Q-d-F convergent en VCXd du bassin d'Oued Sly

T (an)	Quantiles Q (d, T) (m³/s)				
	0	0,108	0,216	0,432	0,864
1	126	79,156	54,44	30,256	13,287
2	198	125	85,712	47,636	20,92
5	293	185	127	70,612	31,01
10	365	230	158	87,992	38,642
20	437	276	190	105	46,275
30	479	302	208	116	50,74
50	532	336	231	128	56,365
100	604	381	262	146	63,997

Tableau (3 et 4) représentent les résultats des débits estimés et (5 et 6) représentent les résultats des débits modélisés selon l'approche Q-d-F pour la station d'Oued Sly, ceci montre la fréquence de passage des crues dans la rivière avec un débit moyen au alentour de 138m³/s. Ce qui signifie que le débit maximal annuel de la rivière se situe entre 365 m³/s et 370 m³/s pendant la saison des hautes eaux en dehors des plus grandes crues. Ces tableaux montrent les valeurs des débits estimés pour la rivière, elles sont en fonction de période de retour et les durées d'échantillonnage proposées pour le traitement des données. Pour chaque période de retour correspondant, les débits obtenus avec un échantillonnage à durée zéro correspondent aux débits de pointe des crues, ou les débits maximaux qui peuvent se produire dans la rivière. Les autres valeurs obtenues sont les débits moyens pendant l'intervalle de la durée d'échantillonnage.

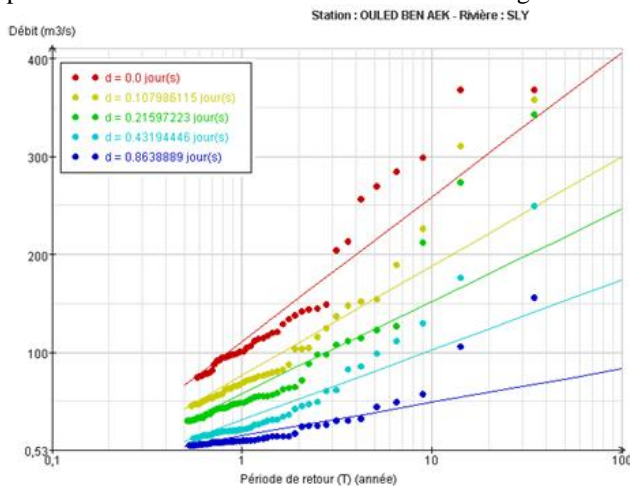


Fig 6. Courbe Q-d-F ajustées sur les débits seuils

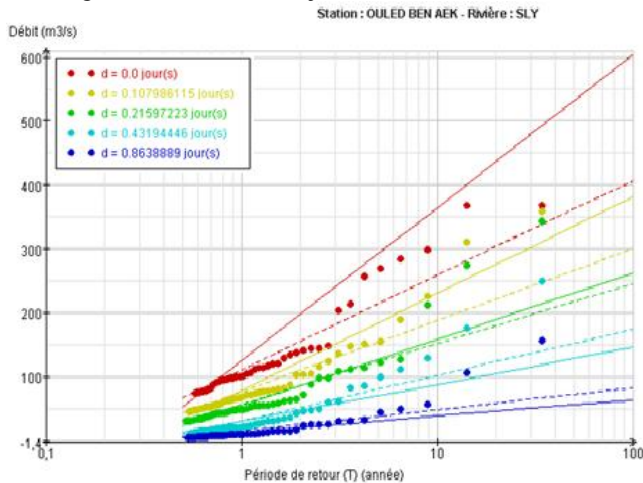


Fig 7. Courbe Q-d-F ajustées sur les débits seuils

V. CONCLUSION

Malgré que dans le présent travail la plupart des caractéristiques de crue ont été considérés et que l'étude a été réalisée à divers niveaux, certains éléments n'ont pas traités et méritent d'être considérés. En effet, l'utilisation d'autres scénarios climatiques futurs et modèles

hydrologiques peuvent clarifier les effets anticipés des "CC" sur les caractéristiques des crues. De plus, l'utilisation d'une moyenne mobile permettrait d'évaluer les effets des "CC" en fonction du temps. Enfin, selon cet échantillonnage, les séries "QCXd" du moyen Chéelif sont indépendantes homogènes, stationnaires et ne présentent pas de singularité, suivant le test relatifs à l'échantillonnage des événements des crues. Les quantiles "VCXdT" de débits moyens (volume) maxima, pour une durée "d" et de période de retour "T", peuvent être facilement calculés. Ils traduisent le Débit-durée-Fréquence (Q-d-F) local issu de l'ajustement statistique à la loi exponentiel. Dans l'étude du changement climatique les tests de stationnarité permettent de détecté les ruptures dans les séries sup-seuil ou maximum annuel échantillonnées pour les différentes durées examinées "d" avec la méthode Q-d-F. les modèle de synthèse dits Q.d.F [5], sous la forme des courbes adimensionnelle définie au début des années 1990 ou plus récemment en 2000 se montrent particulièrement robustes au effet de changement d'échelle et climatique sur les processus d'écoulement.

REMERCIEMENT

Nous sommes reconnaissants à la Direction de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique de Blida qui nous a communiqué les données hydrométrique et hydrologiques, ainsi qu'à Monsieur Abdelkader Boucefiane pour les aides et les orientations.

REFERENCES

- [1] Meddi. M, Talia. A, et Martin. C : (2009). « Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie) » Revues Physio-Géo p 61-84.
- [2] Ben Aïssia, M.A., Chebana, F., Ouarda, T.B.M.J., Roy, L., Desrochers, G., Chartier, I. et Robichaud, É. (2009). « Analyse et comparaison des caractéristiques des crues historiques, résultats des réanalyses et simulées dans un contexte de changement climatique ». Rapport de recherche, R-1074 INRS-ETE, Québec, Canada.
- [3] Javelle. P, Ouarda. T.B.M.J, Lang. M, Bobee. B, Galéa. G and Gresillon. J.M: (2002). « Development of regional flood-duration-frequency curves based on the index-flood method ». Journal of Hydrology, 258 (1-4): 249-259.
- [4] Sauquet. E, Javelle. P et Le Clerc. S : (2003). « Description des régimes hydrologiques des hautes eaux : nouvelle formulation pour l'analyse en débit-durée-fréquence et applications en ingénierie ». Ingénieries EAT, 34, 3-16.
- [5] Galéa. G, Prudhomme. C, (1997): « Notions de base et concepts utiles pour la compréhension de la modélisation synthétique des régimes de crue des bassins versants au sens des modèles QdF », Revue des Sciences de l'Eau, 1, pp. 83-101.
- [6] GILARD, O. (1998). Les bases techniques de la méthode Inondabilité. Édition Cemagref, 207 p.
- [7] Sauquet, E., G. Galéa et M. Bessenesse (2004). « Caractérisation du régime des hautes eaux en débit-durée-fréquence. Application au contexte algérien ». Houil. Blanc., 5, 80-85.
- [8] Lang. M, Renard. B, Dindar. L, Lemaitre. F and Bois. P: (2004). « Use of a statistical test based on Poisson Process for the detection of changes in peak-over-threshold series ». Hydrology: Science et Practice for the 21st. Century, Volume I, British Hydrological Society.