



APPROCHE REGIONALE POUR L'ESTIMATION DES PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES DU NORD DE L'ALGERIE

REGIONAL APPROACH FOR THE ESTIMATE OF MAXIMUM DAILY RAINFALL IN NORTHERN ALGERIA

MEDDI M., TOUMI S.

École Nationale Supérieure de l'Hydraulique de Blida, le laboratoire LGEE, Algérie.

m.meddi@ensh.dz

RESUME

L'estimation des quantiles des pluies maximales a toujours été d'une grande importance pour les hydrologues et les gestionnaires des ressources en eau. Ces informations sont essentielles pour la planification des situations d'urgence liées aux conditions météorologiques dangereuses et à la conception des ouvrages hydrauliques. Dans de nombreux cas de figure, il est primordial d'estimer les valeurs extrêmes relatives à des fréquences rares pour les sites où il y a peu de mesures voire même quasi-inexistantes. L'approche de régionalisation est la plus utilisée dans pareils cas.

La procédure de régionalisation, basée sur les L-moments couplée avec la méthode de l'indice de pluies, a été à la fois appliquée aux données pluviométriques de deux cent trente (230) stations, réparties aléatoirement à travers le nord de l'Algérie, et constitue l'objectif de ce travail. La méthode des L-moments a confirmé l'homogénéité des douze (12) régions composant la zone d'étude. Les indices de pluie, combinés avec les courbes de croissance régionale développées dans cette étude, peuvent estimer logiquement les quantiles des pluies maximales au niveau des stations en utilisant la pluie maximale moyenne de la série d'observations. L'étude fournit une estimation des caractéristiques régionales des pluies maximales journalières qui peuvent être utiles dans les études des inondations et dans la conception technique des ouvrages hydrotechniques.

Mots Clés : Pluies journalières maximales, approche régionale, Nord de l'Algérie

ABSTRACT

Maximum rain quantiles estimate has always been of great importance to hydrologists and water resource managers. This information is essential for planning emergency situations related to hazardous weather conditions and the design of water supply engineering structures. In many instances, it is vital to estimate the extreme values relevant to the few frequencies for sites where there are few measures or even almost non-existent. The regionalization approach is the most used in such cases.

The regionalization procedure, based on the L-moments coupled with the rain index method has been both applied to rainfall data of two hundred and thirty (230) stations spread at random across northern Algeria and is the goal of this work. L-moments method confirmed the homogeneity of the twelve (12) regions that make up the study area. Rain indexes, combined with the regional growth curves developed in this study may logically estimate maximum rains quantiles at the stations by using the mean maximum rain in the observations series. The study provides an estimate of the regional characteristics of daily maximum rainfall that may be useful in studies of floods in the engineering design of water supply engineering structures.

Keywords: maximum daily rainfall, regional approach, northern Algeria

INTRODUCTION

Les inondations de ces dernières années dans le monde, en région méditerranéenne française (Pujol et al., 2007), en Asie, en Afrique et dans les pays du Maghreb, ont soulevé la question de savoir si elles étaient la conséquence d'un changement climatique ou à d'autres facteurs. L'Algérie a été caractérisée par des inondations catastrophiques ces dernières années. De nombreuses régions du pays sont constamment menacées par ces crues catastrophiques. Ces inondations ont causé des nombreux dégâts dans les communes, les entreprises et chez les particuliers.

Le comportement des maxima peut être décrit par les trois distributions des maximums à savoir : Gumbel, Fréchet et la loi négative de Weibull tel que suggéré par Fisher et Tippett (1928). Les premières études de la distribution des

valeurs maximales ont été réalisées probablement par Fuller en 1914 (in Nadarajah, 2005). Depuis, de nombreux chercheurs ont étudiés la distribution des valeurs extrêmes des précipitations dans différentes régions du monde : Oyebande (1982) au Nigeria, Rakhecha et al., (1998) en Inde, Withers et al., (2000) en Nouvelle Zélande, Crisci et al., (2002) en Italie, Koutsoyiannis and Baloutos (2000) en Grèce, Naghavi and Fang (1993), Segal et al., (2001) et Nadarajah (2005) aux Etats-Unis d'Amérique, Kieffer and Bois (1997), Neppel et al., (2004), Bouvier et al., (2005) en France, et Zolina et al., 2008 en Allemagne. La distribution des pluies maximales journalières de quatre-vingt-douze (92) stations de l'Etat de la Louisiane (USA) suivent une loi de log-Pearson Type 3 (Naghavi and Fang, 1993). Dans cet article, le travail sera consacré, pour la première fois, à l'ensemble du nord de l'Algérie. Il sera question de l'application d'un modèle à la distribution des valeurs extrêmes en Algérie (pluies maximales journalières annuelles).

Meddi and Toumi (2015), tout en se basant sur la méthode des L-moments, ont découpé l'Algérie du Nord en douze (12) régions homogènes. La distribution des pluies maximales journalières de dix régions (côtières et hauts plateaux de l'Est) suivent une loi des valeurs extrêmes généralisées (*GEV*) et les deux régions des hauts plateaux de l'Ouest une loi logistique généralisée (*GLO*). Les résultats précités et auxquels ce travail a abouti, constituent une amélioration de l'estimation des quantiles des pluies maximales journalières et une correction des insuffisances de la loi Gumbel tel que préconisé par Koutsoyiannis (2004), lequel a montré que l'application de la loi de Gumbel peut conduire à une mauvaise estimation du risque par une sous-estimation des plus grandes valeurs extrêmes des pluies, spécialement lorsque l'on dispose de séries de quelques décennies qui peuvent ne pas avoir la même distribution que la distribution réelle, ce qui suggère que la loi Gumbel est le modèle adéquat alors que ce n'est pas le cas.

L'insuffisance de l'approche locale est liée à l'estimation des valeurs fréquentielles pour les stations possédant des séries courtes ou bien de nombreuses lacunes. Ce handicap peut être évité en adoptant l'approche régionale et en développant un modèle d'ajustement régional capable de calculer les pluies journalières pour ces stations. Pour ce faire, il sera fait usage de la méthode de l'indice de pluie.

MATERIELS ET METHODES

Situation géographique et climat

La zone d'étude s'étend sur une surface d'environ 381 000 km² dont 200 000 km² sont constitués de plaines et de plateaux (Fig. 1). Ladite zone est située entre 9° Est et à environ 3° Ouest (Fig. 1). La partie du littoral s'étend sur 1200 km environ. Elle est caractérisée par un climat doux, l'humidité y est relativement élevée et la pluviométrie y varie de 400 mm à l'ouest à 1000 mm à l'est. Au nord, le long de la côte méditerranéenne, s'étend l'étroite plaine du Tell algérien. Cette plaine discontinue et de largeur variable (80 km à 190 km) ainsi que les vallées attenantes, abritent la grande majorité des terres agricoles du pays. Limitant la plaine côtière au sud, on observe un vaste ensemble de plus hauts reliefs : deux importantes chaînes de montagnes orientées est-ouest (l'Atlas tellien au nord, l'Atlas saharien et le massif des Aurès au sud) encadrent une région de hauts-plateaux désertiques, dont le profil en cuvette explique la présence de nombreux lacs salés (chotts) collectant les eaux de surface (Le point le plus bas : Chott Melhrir -40 m). Au sud de l'Atlas saharien s'étend l'immense désert du Sahara qui représente 80% de la superficie de l'Algérie. Le Sahara se compose pour une grande part de plateaux rocheux et de plaines caillouteuses. Deux vastes régions de sables (le Grand Erg occidental et le Grand Erg oriental) constituent les principaux ensembles de reliefs dunaires du désert saharien.

Le nord de l'Algérie se situe dans la zone tempérée et jouit d'un doux climat méditerranéen. Compte tenu de sa topographie, il existe de forts contrastes dans les températures avec des incidences sur la pluviométrie. Les pluies sont assez abondantes le long de la partie côtière du Tell, les précipitations augmentent de l'ouest vers l'est. Les précipitations y sont plus importantes dans la partie nord de l'est de l'Algérie, où elles atteignent jusqu'à 1400 mm/an.

Données

L'approche préconisée pour l'analyse statistique des séries consiste aux choix préalables pour lesquels on doit opter:

1. la manière de constituer un échantillon
2. une loi de distribution
3. une technique pour estimer les paramètres ainsi que les quintiles.

Pour le choix des stations de mesures, nous avons essayé à la fois de prendre le maximum de postes possédant des séries assez longues et de représenter la diversité climatique et topographique de l'Algérie. Le choix a consisté à donner une bonne représentation géographique du nord de l'Algérie. Pour arrêter le nombre de stations à étudier, nous nous sommes basés sur les critères suivants:

- le taux des données quotidiennes manquantes est inférieur à 10%;
- la station possédant une série de mesure correcte inférieure à 36 années a été rejetée ;
- les stations ayant des séries non homogènes ont été retirées ;
- le plus grand déplacement horizontal, pour les séries longues, est moins de 10 km (Muller, 2006) ;
- le grand déplacement vertical, pour les longues séries, est moins de 50 m (Muller, 2006).

Après traitement des données et constitution des séries, nous avons sélectionné deux cent trente (230) stations réparties sur le nord de l'Algérie.

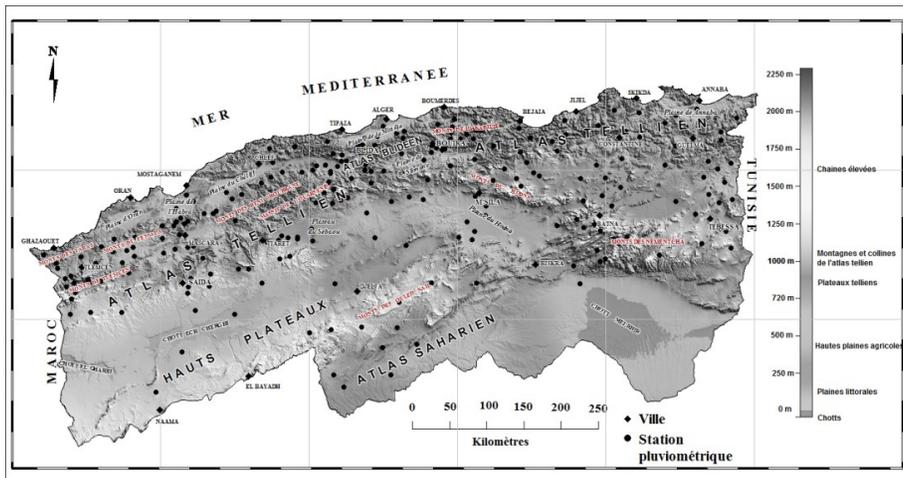


Figure 1 : Topographie et postes pluviométriques utilisés

Méthode

Après avoir déterminé le modèle de distribution de fréquence le plus approprié pour chacun des trois régions homogènes (Meddi and Toumi, 2015), l'estimation des quantiles pour différentes périodes de retour s'est faite à l'aide de la méthode de l'indice de pluie. La procédure suppose que les données des pluies maximales journalières de différents sites dans un groupe homogène ont la même distribution statistique, à l'exception d'un paramètre d'échelle spécifique à un site ou un facteur (Dalrymple, 1960). Le facteur d'échelle est considéré en tant que l'indice-pluies. Le quantile d'un groupe homogène est estimé par l'équation suivante :

$$P_i(F) = \hat{\mu}_i p(F) \quad (1)$$

Avec $P_i(F)$ est la valeur des pluies maximales journalières à la station i avec une probabilité au non-dépassement F . $\hat{\mu}_i$ est la moyenne de l'échantillon à cette station. $p(F)$ est le quantile adimensionnel avec probabilité au dépassement donnée par F . La totalité des valeurs de $p(F)$ pour $0 < F < 1$ découle de la courbe régionale de croissance. Cette approche a été utilisée dans plusieurs pays à l'instar de l'Iran par Malekinezhad and Zare-Garizi (2014), en Turquie par Yurekli *et al.*, (2009), et au Canada par Martin (2015). Cette approche s'inspire de la méthode de l'indice de crue (Dalrymple, 1960). On doit faire a priori l'hypothèse que les données sont indépendantes et distribuées identiquement selon la même loi statistique (St-Hilaire *et al.*, 2003). La méthode d'indice de crue est couramment utilisée pour développer des modèles régionaux de fréquence pour les sites où l'information hydrologique ne suffit pas pour une estimation fiable des événements extrêmes (Cunane, 1987; Watt *et al.*, 1986).

RESULTATS ET DISCUSSION

La méthode des L-moments a permis d'établir douze (12) régions homogènes (Fig. 2) pour les pluies maximales journalières pour l'Algérie du Nord (Meddi and Toumi, 2015).

L'analyse statistique régionale des pluies maximales journalières permet d'établir les courbes de distribution régionale de chaque groupe de stations qualifié homogène en termes des L-moments (Fig. 3). Ainsi, l'indice de pluies déterminé, pour chacun des douze (12) régions homogènes, est utilisé dans l'équations 2 pour calculer les pluies maximales journalières pour différentes périodes de retour pour les stations possédant des séries d'observations courtes

en utilisant le p (F) dont les valeurs sont consignées dans le tableau 1. La principale hypothèse de la méthode d'indice de pluies a été vérifiée, car la distribution statistique des pluies maximales journalières dans les douze (12) régions homogènes est similaire.

Pour calculer $P_{j_{max}}$ de l'une des douze (12) régions, pour une période de retour donnée, la pluie maximale journalière moyenne d'une station, correspondante à la région concernée (Fig. 2) doit être multipliée par la fonction de quantile correspondante (Tableau 1) :

$$P_{j_{max}}(F) = P_{j_{max}} * q(F) \quad (2)$$

Cette approche permettra d'estimer les quantiles de fréquences rares aux postes possédant des séries d'observations courtes ou lacunaires, ces quantiles peuvent être calculés pour les sites dépourvus de stations de mesures mais seulement en utilisant la pluie maximale journalière moyenne qui peut être obtenue par interpolation. Le calcul de ces pluies fréquentielles est essentiel dans le domaine de l'aménagement hydraulique et de dimensionnement des ouvrages hydrotechniques. Le calcul des ouvrages de protection contre les inondations nécessite le calcul des quantiles des pluies maximales.

De nombreuses régions de l'Algérie sont sujettes à des inondations à répétition provoquées par de fortes averses. Les trois (03) grands types d'inondations observées sont :

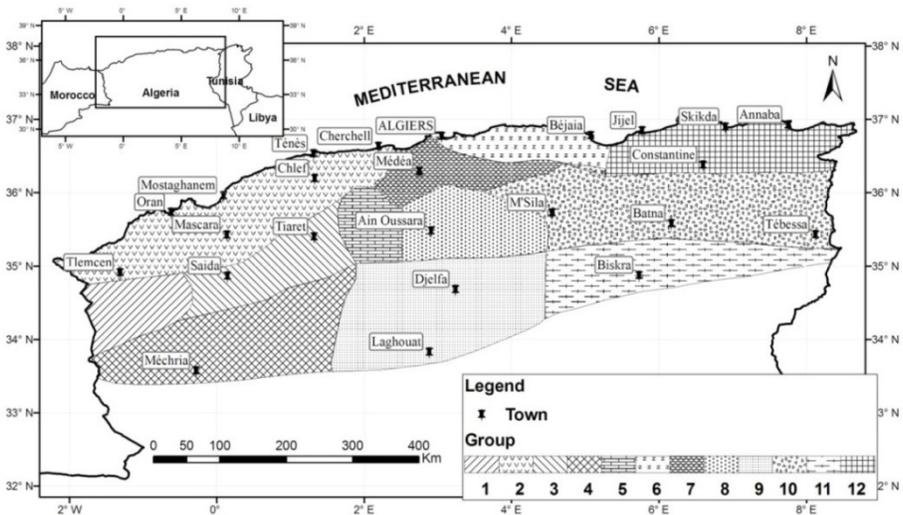


Figure 2 : Situation géographique des douze (12) régions homogènes

Inondation étendue : Elle résulte d'une longue période pluvieuse. L'exemple des crues ayant touché plusieurs régions du pays en octobre 1994 et qui ont fait plus de 60 victimes et des dizaines de disparus. Également, ce type d'inondations a frappé la région de Skikda, du 20 au 31 décembre 1984 et a fait 11 morts et a occasionné des dégâts matériels considérables.

Crue-éclair ou brutale : le résultat d'un orage violent ou un jour de forte pluviosité tombant sur un sol sec (après une période sèche).L'exemple des inondations de l'ouest algérien survenues le 22 octobre (plus de 24 victimes),et le 20 octobre 1993 (22 décès enregistrés à Oued Rhiou) ;

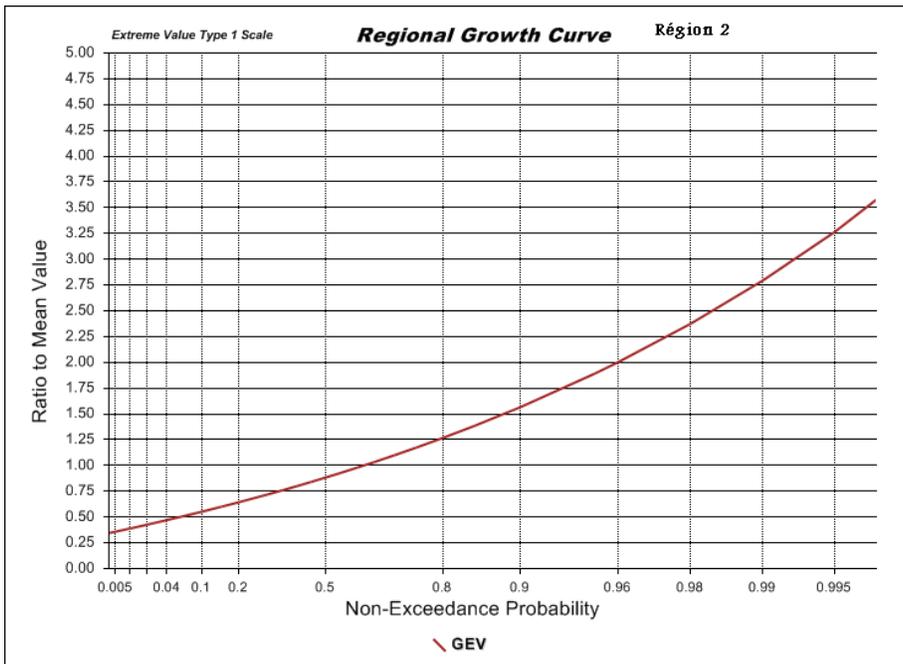
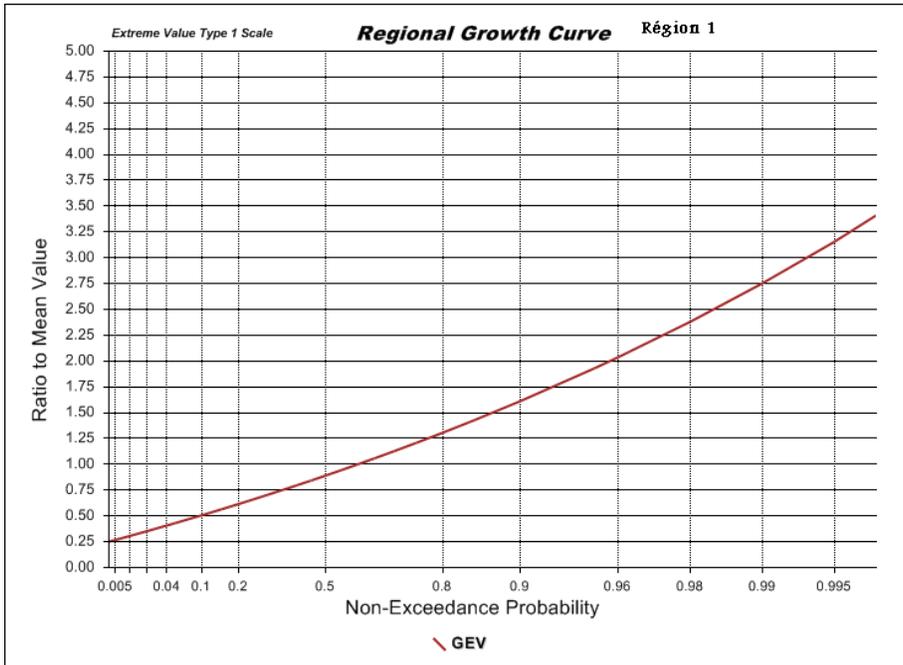
Des inondations provoquées par la nature topographique de la région en question. Environnement favorables aux crues, et par conséquent, aux inondations (les vallées traversées par des oueds : villes de Sidi Bel-Abbès et de Bordj Bou Arreridj). Les crues du mois d'avril 2007 ont fait six (06) morts et de nombreuses familles sinistrées à Sidi Bel-Abbès.

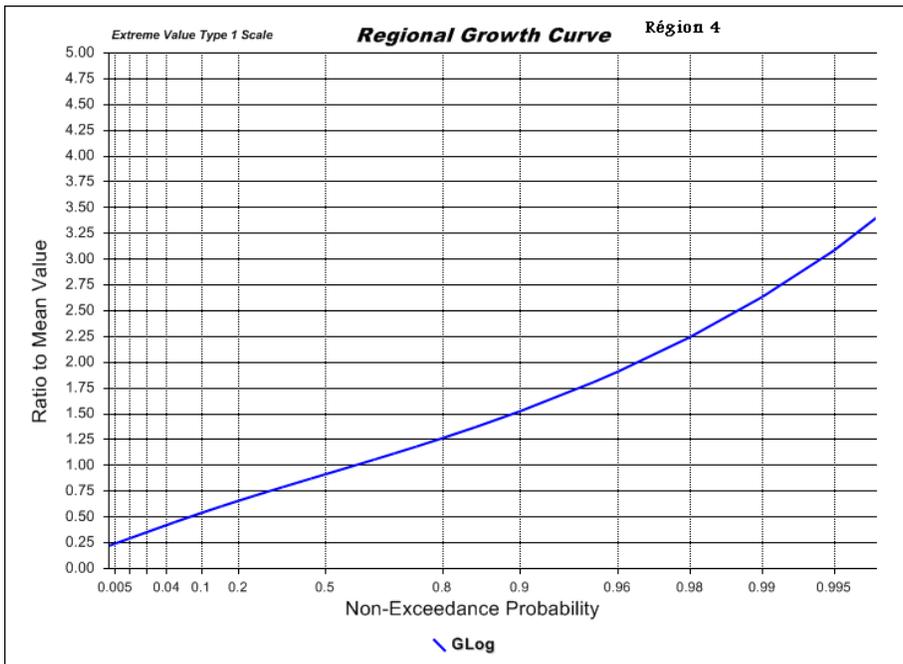
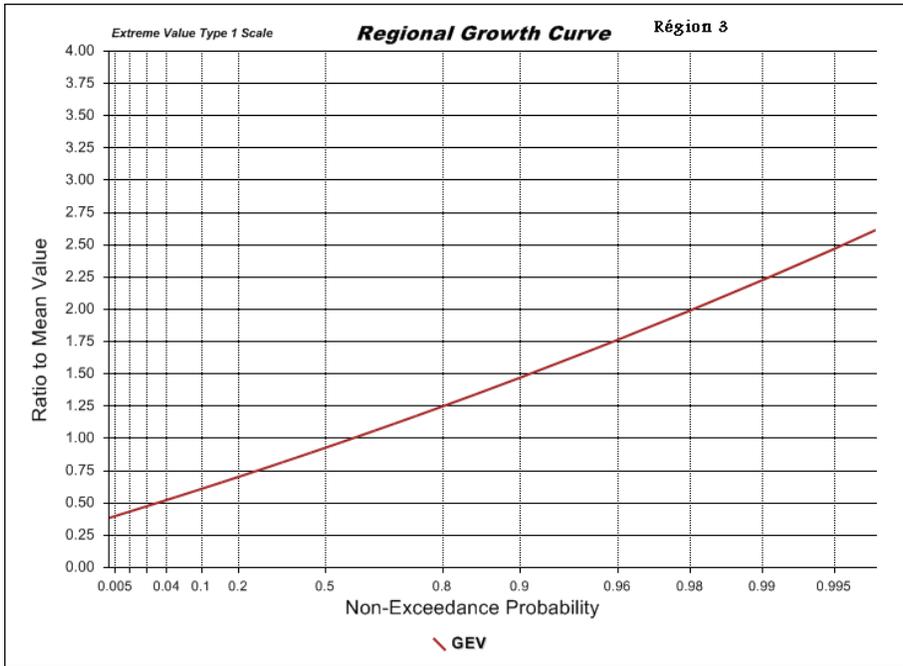
Ces chiffres relatifs aux dégâts montrent l'importance de l'estimation des pluies extrêmes dans les études d'aménagement et l'approche régionale qui constituent une solution aux problèmes inhérents au manque de données pluviométriques et à la qualité de l'information mesurée au niveau de certaines stations.

Tableau 1 : $q(F)$ (quantile fonction)

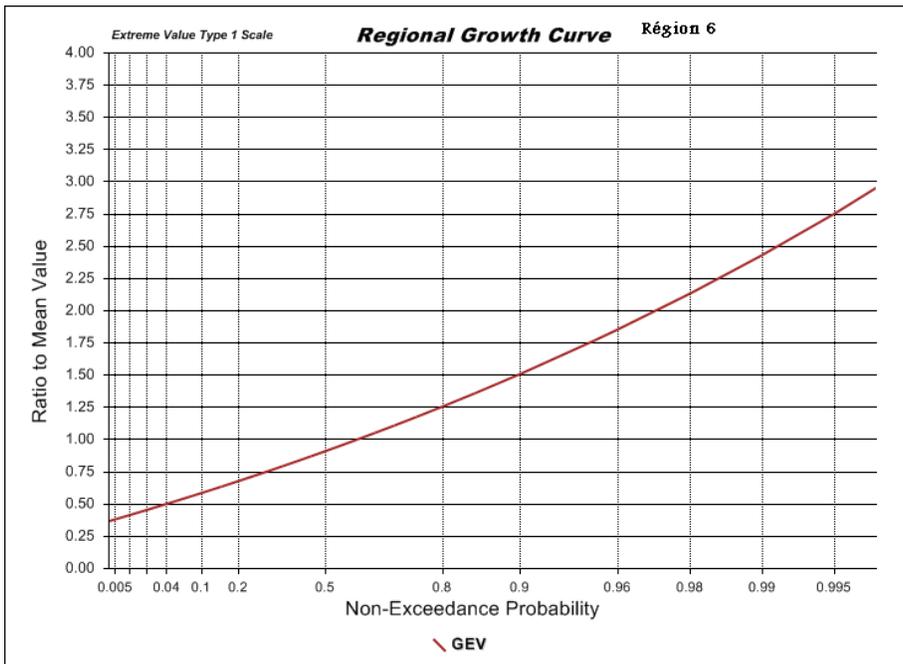
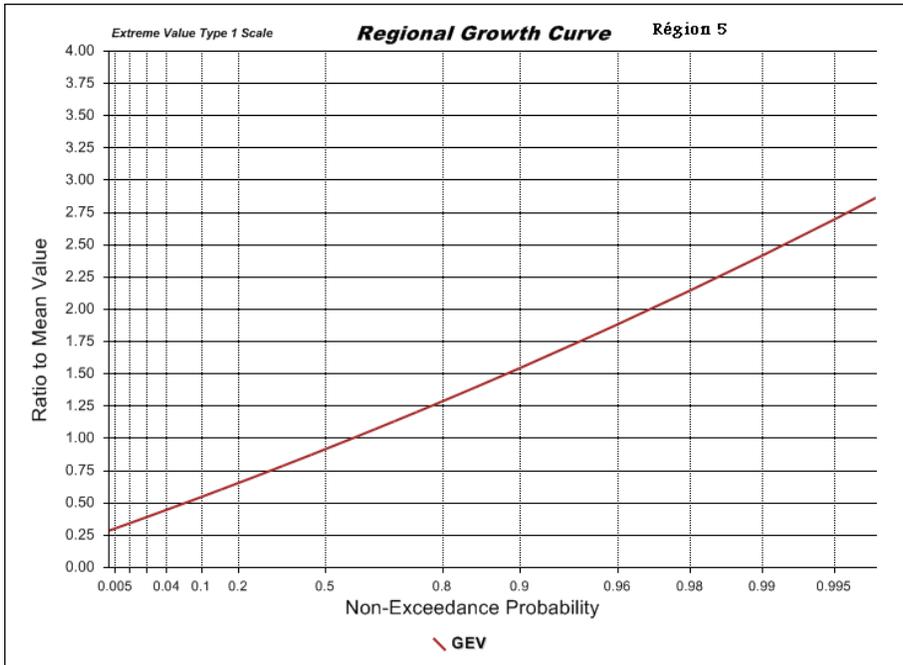
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100	200	500
	Fonction de quantile $q(F)$							
Région 1	0.89	1.31	1.61	1.92	2.36	2.72	3.11	3.67
Région 2	0.88	1.27	1.57	1.89	2.38	2.8	3.26	3.97
Région 3	0.93	1.25	1.46	1.68	1.96	2.17	2.4	2.7
Région 4	0.9	1.28	1.56	1.88	2.38	2.83	3.37	4.23
Région 5	0.92	1.31	1.58	1.85	2.2	2.48	2.77	3.16
Région 6	0.92	1.26	1.5	1.75	2.1	2.39	2.69	3.12
Région 7	0.9	1.27	1.54	1.83	2.23	2.56	2.91	3.43
Région 8	0.92	1.28	1.53	1.78	2.1	2.35	2.61	2.96
Région 9	0.91	1.29	1.56	1.87	2.33	2.74	3.21	3.95
Région 10	0.9	1.28	1.56	1.85	2.26	2.6	2.96	3.49
Région 11	0.91	1.32	1.61	1.9	2.29	2.59	2.91	3.34
Région 12	0.89	1.28	1.57	1.88	2.33	2.71	3.12	3.73

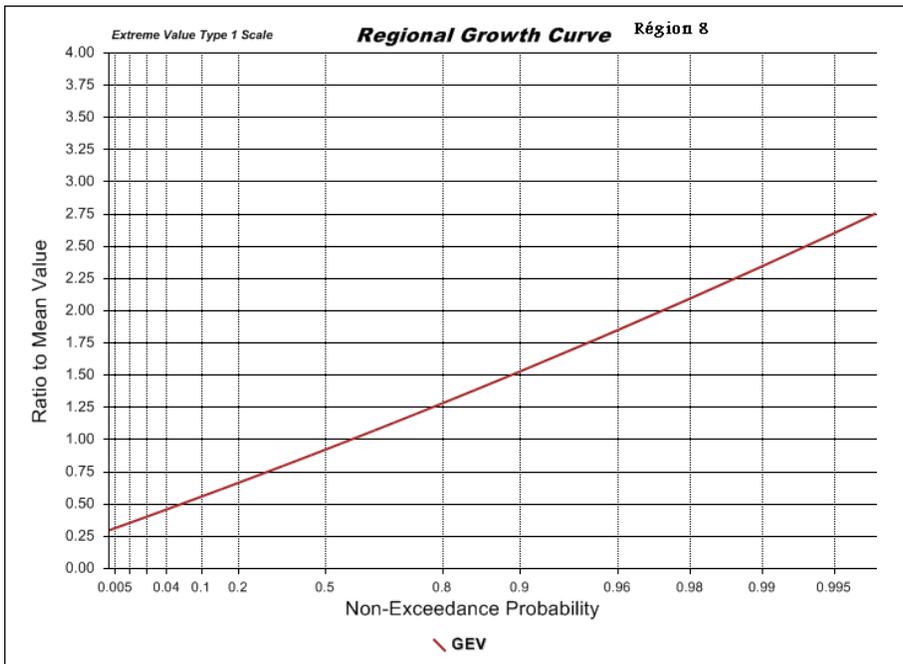
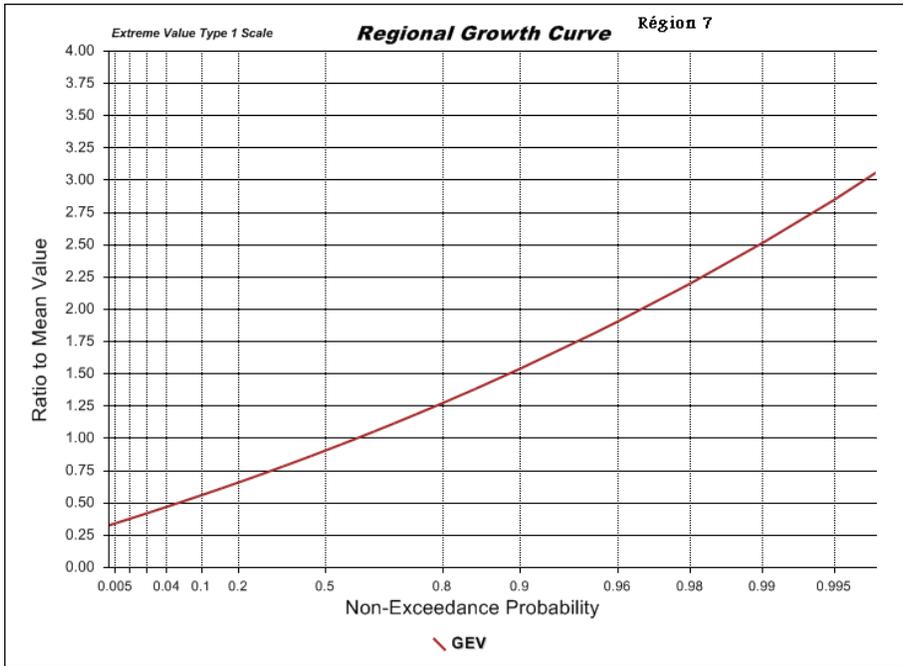
Approche régionale pour l'estimation des pluies maximales journalières du Nord de l'Algérie



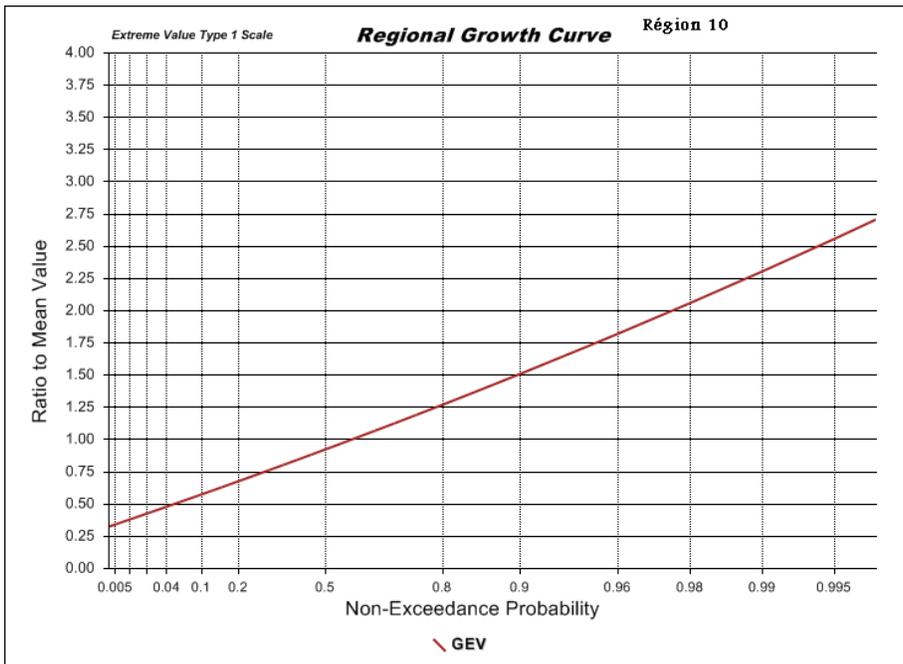
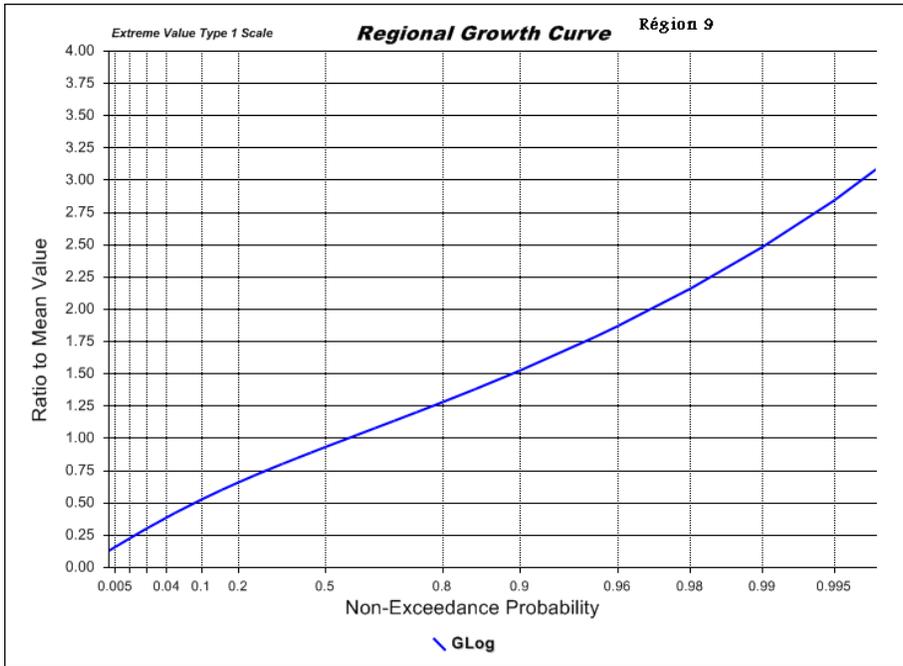


Approche régionale pour l'estimation des pluies maximales journalières du Nord de l'Algérie





Approche régionale pour l'estimation des pluies maximales journalières du Nord de l'Algérie



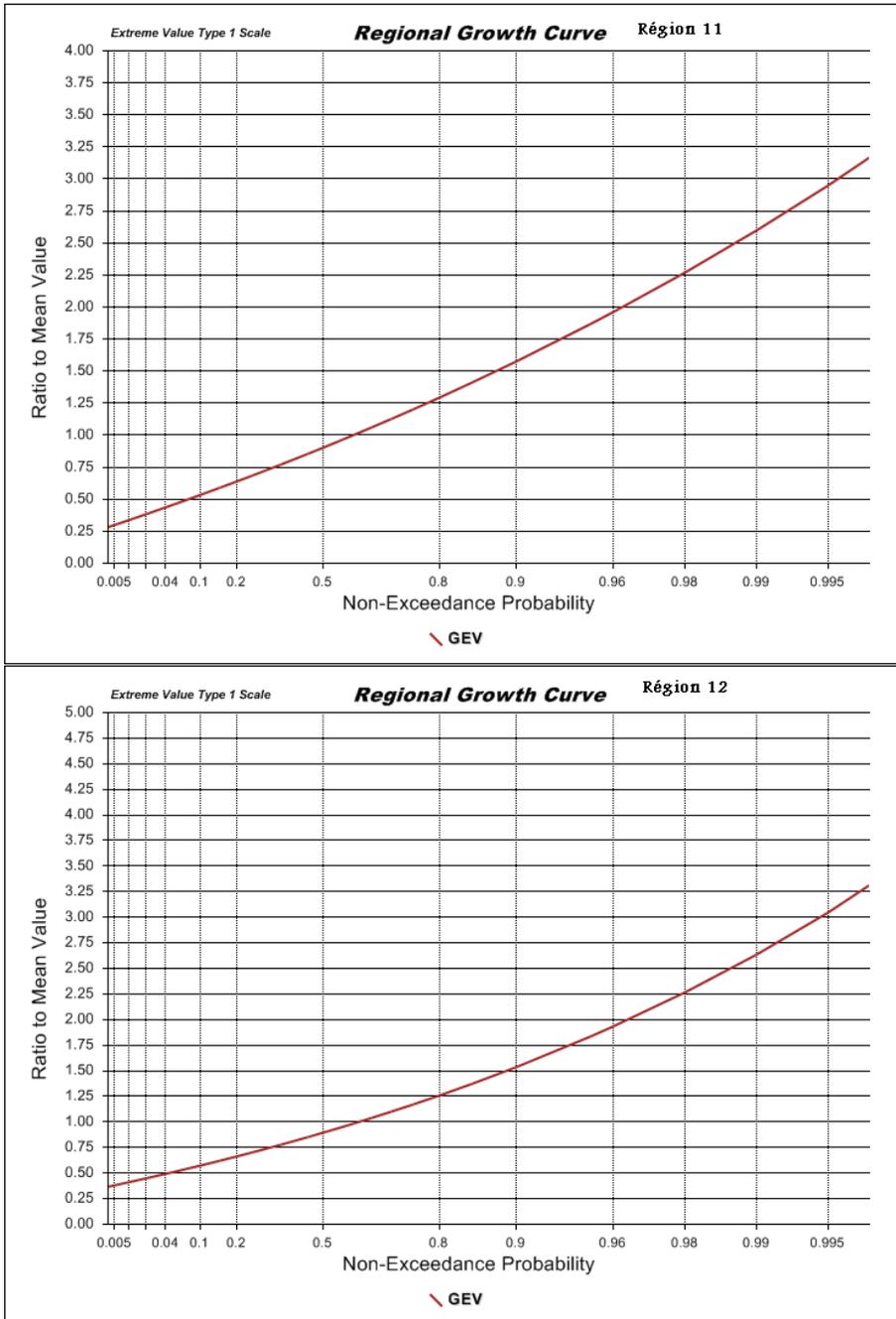


Figure 3 : Courbes de distribution régionale

CONCLUSION

L'Algérie est caractérisée par des inondations catastrophiques à l'image de celles survenant au mois de novembre 2001 et ayant causé la mort de plus de 700 personnes et ayant occasionné des dégâts matériels importants à Alger. Aussi, les inondations survenant au mois de mars 1974 à Tiz-Ouzou ont occasionné 52 décès. Ce travail permet la détermination des quantiles des pluies maximales pour aboutir à une meilleure protection contre ces inondations à travers des dimensionnements appropriés des ouvrages. En conséquence, La régionalisation des pluies maximales journalières annuelles a permis de mettre en évidence douze (12) régions dans le nord de l'Algérie. La méthode des L-moments a permis de déterminer la loi de probabilité en vertu de laquelle sont distribués les différents échantillons des pluies extrêmes.

Il a été conclu que les quintiles des pluies extrêmes, d'une station de l'un des douze (12) régions et pour une période de retour donnée, s'obtiennent de la multiplication de la pluie journalière maximale moyenne de la série de cette station par la fonction de quantile correspondante extraite de la courbe régionale peuvent être estimés logiquement pour la région d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUVIER C., WOTLING G., DANLOUX J. (2000). Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment. *J. Hydrol.* 233 (1/4), 86-101
- CRISCI A., GOZZIANI B., MENEGUZZO F., PAGLIARA S., MARACCHI G. (2002). Extreme rainfall in changing climate: Regional analysis and hydrological implication in Tuscany, *Hydrol. Process.*, 16, 1261-1274.
- CUNNANE C. (1987). Review of statistical models for flood frequency estimation. Paper presented in Inst. Sym. On flood frequency and risk analysis. Baton Rouge. Publ. in Singh, V.P. (Ed.), *Hydrologic Frequency Modeling*, Reidel Publ. Co., Dordrecht, 49-95.
- DALRYMPLE T. (1960). Flood frequency analysis: Manual of Hydrology: Part 3. Flood-Flow Techniques, U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 1543-A. United States Government Printing Office, Washington. *Tuscany, Hydrol. Process.*, 16, 1261-1274.
- KIEFFER A., BOIS P. (1997). Variabilité des caractéristiques statistiques des pluies extrêmes dans les Alpes françaises. *Rev. Sci. Eau*, 2, 199-216

- KOUTSOYIANNIS D., BALOUTOS G. (2000). Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall interference. *Natural Hazards* 22, 29-48
- KOUTSOYIANNIS D. (2004). Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation. *Hydrological Sciences*, 49(4) August 2004, pp. 575–590
- MALEKINEZHAD H., ZARE-GARIZI A. (2014). Regional frequency analysis of daily rainfall extremes using L-moments approach. *Atmosfera*, Vol. 27. Núm. 4. October 2014. doi: 10.1016/S0187-6236(14)70039-6
- MARTIN C.A. (2015). Regional frequency analysis of seasonal rainfall and snowfall for the Southern Interior of British Columbia. Phd Thesis, McGill University, 97p.
- MEDDI M., TOUMI S. (2015). Spatial variability and cartography of maximum annual daily rainfall under different return periods in the North of Algeria. *Journal of Mountain Science* 11/2015; 12(6):1403-1421. DOI:10.1007/s11629-014-3084-3.
- MULLER A. (2006). Comportement Asymptotique de la Distribution des Pluies Extrêmes en France, Phd Thesis University of Montpellier II, pp.20–42–74.. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00122997/document>
- NADARAJAH S., COI D. (2003). Extremes of daily rainfall in South Korea. *World Resource Review*, 15, 483-497.
- NAGHAVI B., YU F.X (1993). Extreme rainfall frequency analysis for Louisiana. Transportation Research Board TRB. Annual meeting 1993, no 1420 , pp. 78-83
- NEPPEL L., Desbordes M., Montgaillard M. (2001). Fréquence de l'épisode pluvieux à l'origine des inondations des 12 et 13 novembre 1999 dans l'Aude. *C.R. Sci. Terre Plan.* 332, pp. 267-273
- OYEBANDE L. (1982). Deriving rainfall intensity-duration-frequency relationships and estimates for regions with inadequate data. *Hydrol. Sci. J.* 27(3), 353-367
- PUJOL N., NEPPEL L., SABATIER R. (2007). Regional tests for trend detection in maximum precipitation series in the French Mediterranean region. *Journal des Sciences Hydrologiques* 52(5): 956-973. DOI: 10.1623/hysj.52.5.956.
- RAKHECHA P.R., SOMAN M.K. (1994). Trends in the annual extremes rainfall events of 1 to 3 days duration over India. *Theor. Appl. Clim.* 48, 227-237
- SEGAL M., PAN Z.T., ARRITT R.W. (2002). On the effect of relative timing of diurnal and large scale forcing on summer extreme rainfall characteristics over the central United State. *Mont. Weather Review*, 130, 1442-1450
- ST-HILAIRE A., OUARDA T.B.M.J., LACHANCE M., BOBÉE B., BARBET M., BRUNEAU P. (2003). La régionalisation des précipitations : une revue bibliographique des développements récents *Revue des Sciences de l'Eau, Rev. Sci. Eau* 16/(2003) 27-54
- WATT W. E., CHOW K.C.A., LATHAM K.W.(1986). A 1-h urban design storm for Canada, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 13, 293 -300

- WITHERS C.S., NADARAJAH S. (2000). Evidence of trend in return levels for daily rainfall in New Zealand. *J. Hydrol. (NZ)* 39, 155-166.
- YUREKLI K. (2005). Regional frequency analysis of maximum daily rainfalls based on L-Moment approach. *GOU, Ziraat Fakultesi Dergisi*, 2005, 22(1), 37-44
- ZOLINA O., SIMMER C., KAPALA A., BACHNER S., GULEV S., MAECHEL H. (2008). : Seasonally dependent changes of precipitation extremes over Germany since 1950 from a very dense observational network. *J. Geophys. Res.*, 113, D06110, doi:10.1029/2007JD008393.