

UN MODELE TRIANGULAIRE POUR LA GENERATION DES HYETOGRAMMES SYNTHETIQUES : CAS D'UN SITE DE LA TUNISIE CENTRALE.

A TRIANGULAR MODEL FOR THE GENERATION OF SYNTHETIC HYETOGRAPHS FOR CENTRAL TUNISIA.

ELLOUZE Manel , Etudiant chercheur, Faculté des Sciences de Sfax, Route Sokra, B.P 802, 3018 Sfax, Tunisie ; tél: 216 98510385, manel.ellouze@voila.fr

ABIDA Habib Maître de conférences, Faculté des Sciences de Sfax, Route Sokra, B.P 802, 3018 Sfax, Tunisie ; tél : 216 98952472, télécopie : 216 74274437, habib.abida@voila.fr

DJEBBAR Yassine. Maître de conférences, Centre Universitaire de Souk-Ahras, 1553 Route Zaarouria, Souk-Ahras, 41000, Algérie ; tél: 213 61390205, télécopie : 213 37327835, ydjebbar@yahoo.com

Résumé : La gestion et la planification des ressources en eau nécessitent l'évaluation des caractéristiques temporelles et spatiales des précipitations et des écoulements. Plusieurs méthodes de dérivation des pluies synthétiques ont été investies, se limitant aux conditions humides (méthode de Chicago, la distribution du service Américain de conservation des sols - SCS distribution -, méthode de Huff - mass curve -). Cette étude présente la méthode de l'averse historique, qui génère des hyétoigrammes synthétiques moyennant l'analyse statistique des événements historiques ou des séries d'averses observées. Un modèle triangulaire a été établi sur la base d'une étude statistique des séries pluviométriques du bassin versant Zioud (Tunisie centrale) pour un pas de temps standard de 1 heure. L'analyse des probabilités est associée avec la méthode des moments pour montrer la variabilité de ces derniers avec les caractéristiques des averses (hauteur de pluie, durée de l'évènement). Les paramètres des hyétoigrammes triangulaires ont été normalisés pour permettre la comparaison des résultats obtenus pour différentes durées. 206 séries de pluie de 1 heure s'étendant sur une durée de 7 ans ont été analysées. Les données ont été groupées suivant la durée (2h, 3h et > 4h) et la saisonnalité (automne, hiver, printemps et été). Les résultats obtenus montrent une faible variabilité des hyétoigrammes avec la durée des événements. Quant à la variation des hyétoigrammes en fonction des hauteurs de pluies, elle est nettement plus remarquable. Pour une durée fixe, les averses ont été assemblées en averses ayant une hauteur supérieure ou inférieure à la hauteur moyenne. La superposition entre les hyétoigrammes résultants révèle l'irrégularité des précipitations et spécifie la répartition temporelle des différents types de précipitations.

Mots clés: hyétoigramme synthétique, modèle triangulaire, analyse statistique.

Abstract : This study uses the method of 'historic event' to generate synthetic hyetographs based on statistical analysis of precipitation data. A synthetic triangular model was developed based on rainfall data of Zioud watershed (central Tunisia) with a standard time step of one hour. A data base of 206 observed rainfalls was used to provide statistical parameters for a simple triangular shaped hyetograph model. The model provides an estimate of the hyetograph in dimensionless form for different storm durations (2, 3 and 4 hours). The resulting dimensionless hyetographs are nearly

identical when they are nondimensionalized using the rainfall depth and duration, showing some seasonal effect and insignificant effects of the rainfall duration.

Key words: synthetic hyetographs, triangular model, statistic analysis.

INTRODUCTION

Les séries de pluie sont fréquemment utilisées dans la conception et le design des structures hydrauliques et les mécanismes de contrôle. Cependant, l'acquisition de ces données (hyétoigrammes ou/et hydrogrammes) est souvent très difficile, voir parfois impossible et coûteuse. Le but de cette étude est de proposer une méthode simple comme une alternative aux méthodes existantes pour déterminer la répartition temporelle des précipitations, utilisée pour le dimensionnement des petits systèmes de drainage où les données mesurées sont non disponibles. Les modèles de dérivation des pluies synthétiques les plus reconnus dans la littérature sont : méthode de Chicago, la distribution du service de conservation des sols (SCS distribution), méthode de Huff (mass curve) et l'utilisation directe des courbes intensités – durées – fréquences.

Keifer et al (1957) ont proposé une méthode (méthode de Chicago) pour décrire l'hyétoigramme à partir de relations empiriques caractérisées par un paramètre γ , qui représente la position de la pointe d'intensité par rapport à la forme générale. Ce paramètre est variable selon l'importance des séries de pluies utilisées dans le calcul. La relation présente les intensités maximales pour différentes durées et événements sans refléter les caractéristiques d'un événement donné. Les hyétoigrammes obtenus ne permettent pas de conserver les caractéristiques statistiques des moments des averses réelles.

L'approche de Pilgrim et al (1975) est basée sur la subdivision des événements en périodes d'égale durée pour la génération d'hyétoigrammes. La méthode exige alors un nombre important d'averses d'une durée à peu près identique et ayant des hauteurs très importantes. La répartition temporelle des hyétoigrammes simulés dépend ainsi du nombre de divisions utilisé.

Suite à des recherches menées par Huff (1975), le service des eaux de l'Etat d'Illinois a établi une averse de projet ayant une distribution temporelle particulière. La méthode propose des courbes exprimant le cumul de la hauteur en fonction du cumul de la durée des précipitations. Les averses sont séparées en quatre quartiles selon la période durant laquelle se produit le maximum de précipitation.

William et al, (2003) ont établi un modèle d'hyétoigramme triangulaire, basé sur plus de 1600 hyétoigrammes cumulés et observés en Texas. La méthode fournit une estimation de l'hyétoigramme moyen pour des durées d'événements de 0 à 24 heures et de 24 à 72 heures. Les résultats de l'étude montrent l'indépendance des hyétoigrammes de la période de retour des hauteurs des averses utilisées. Les hyétoigrammes moyens obtenus reflètent la répartition temporelle des précipitations tout en négligeant l'effet de la saisonnalité et de la durée des averses sur la simulation.

Dans le même contexte, cette étude propose un modèle d'hyétoigramme triangulaire pour la description de la répartition temporelle des précipitations en milieu aride et semi-aride. L'analyse a été établie sur la base d'une étude statistique des séries pluviométriques du bassin versant Zioud (Tunisie centrale) pour un pas de temps

standard de 1 heure. L'effet de la saisonnalité, la hauteur de pluie et la durée des évènements ont été vérifiés.

METHODE D'ANALYSE

La méthode proposée est basée sur une analyse statistique des moments qui décrivent la géométrie d'un hyétogramme. Théoriquement, toute distribution peut être décrite en utilisant un nombre prédéfini de moments. Plus le nombre de moments augmente, plus l'ajustement et la représentation sont adéquats et le calcul devient plus compliqué. Cependant, un triangle peut être décrit par un seul moment.

Une averse est définie par une période continue de pluie non nulle, différenciée par un laps de temps de 4 heures au minimum de l'averse ultérieure. Cet intervalle de temps a été choisi suite à une représentation graphique de la base de donnée. Le premier moment de l'hyétogramme par rapport au début de l'averse, \bar{t} , est donné par la relation:

$$\bar{t} = \frac{\Delta t \left[\sum_{j=1}^n (j-0,5) d_j \right]}{D}$$

Avec D = la hauteur totale de l'averse ; d_j = la hauteur de pluie durant un intervalle de temps Δt ; les caractéristiques du triangle (figure 1) sont alors :

Durée de l'averse: $t_d = a + b$

Hauteur moyenne de pluie: $\bar{d} = \frac{h \Delta t}{2}$

Le premier moment : $\bar{t} = \frac{t_d + a}{3}$

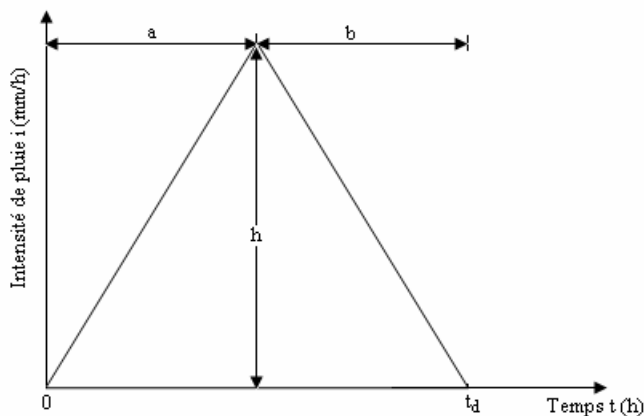


Fig. 1. Représentation triangulaire d'un hyétogramme.

La résolution des ces équations permet d'obtenir :

$$a = 3\bar{t} - t_d \qquad b = 2t_d - 3\bar{t} \qquad h = \frac{2\bar{d}}{\Delta t} = \frac{2D}{t_d} = 2\bar{i}$$

Où a, b et h : les paramètres d'un hyétogramme triangulaire.

Afin de comparer toutes les averses, ayant différentes durées, les paramètres de l'hyétogramme sont normalisés par rapport à la hauteur totale de pluie D et la durée de l'évènement t_d , d'où :

$$\bar{t}^\circ = \frac{\bar{t}}{t_d} \qquad a^\circ = 3\bar{t}^\circ - 1 \qquad b^\circ = 2 - 3\bar{t}^\circ \qquad \text{et} \qquad h^\circ = \frac{h}{D} = 2$$

Ces paramètres, représentant statistiquement l'hyétogramme, sont calculés pour chaque évènement enregistré. Les moyennes et les écarts types sont ensuite déterminés pour les différents groupements d'observations. Les données ont été groupées suivant la durée (2h, 3h et > 4h) et la saisonnalité (automne, hiver, printemps et été). L'étude de probabilité est associée à celle des moments pour identifier les effets des caractéristiques des averses (durée et hauteur de pluie).

PRESENTATION DES DONNEES

Le bassin versant de l'Oued Zioud est le sous bassin le plus important du bassin de l'Oued El Hissiane, dans le djebel Semmama en Tunisie centrale. Le bassin couvre une superficie de 7,74 km² et fait partie des Hautes Steppes. Il est caractérisé par des massifs montagneux dominant un système de glacis ou de plaines alluviales. L'étude statistique des averses a montré que les hauteurs minimales sont de l'ordre de 1 à 1,5 mm en 5 minutes. De plus, le prolongement dans le temps et dans l'espace de telles averses peut générer des volumes d'eaux considérables (Chtara, 1996).

206 séries de pluie de 1 heure s'étendant sur une durée de 7 ans ont été analysées. Le tableau 1 présente le nombre d'averses par saisons. Les séries de données manquantes et ayant des durées réelles inférieures à 1heure ont été négligées et rejetées de l'étude. De plus, deux averses séparées d'une durée inférieure à 4 heures, ont été traitées comme étant un évènement unique.

Tableau 1 : Données utilisées.

Mois	Durée	Nombre d'averses
6 – 8	1976-1979 ; 1982-1983 et 1987	22
9 – 11	-	49
12 – 2	-	62
3 – 5	-	73
Total		206

65% des évènements sont formés par des pluies de printemps et d'hivers. Ces deux saisons sont les plus pluvieuses pour la zone d'étude, appartenant à l'étage

bioclimatique sub-humide et caractérisée par un relief assez fort. Etant donné que les précipitations en Tunisie sont caractérisées par leur irrégularité et leur durée courte, 51 % des averses analysées ont des durées égales à 2h.

RESULTATS ET INTERPRETATION

Les données ont été groupées selon la saisonnalité et la durée et ensuite sont analysées. A partir des séries de pluviométries de 1h, les paramètres normalisés de l'hyétogramme triangulaire sont calculés pour chaque groupe. Le tableau 2 présente les valeurs moyennes et les écarts types du premier moment \bar{t} , pour chaque saison et durée. Les averses ayant des durées de 1h sont éliminées, vu qu'elles produisent des hyétogrammes triangulaires symétriques pouvant altérer les résultats de l'analyse statistique.

Tableau 2 : Valeurs moyennes et écarts type de \bar{t} .

Mois	Durée			
	Toutes les durées	2h	3h	4 et 5h
Moyenne				
12 – 2	0,498	0,502	0,496	0,487
3 – 5	0,498	0,503	0,500	0,496
6 – 8	0,476	0,494	0,445	-
9 – 11	0,483	0,478	0,517	0,479
Ecart type				
12 – 2	0,062	0,063	0,060	0,046
3 – 5	0,078	0,086	0,081	0,068
6 – 8	0,098	0,100	0,093	-
9 – 11	0,078	0,085	0,072	0,080

On remarque que la variation du premier moment \bar{t} est très faible, montrant que les séries de précipitations ont des caractéristiques statistiques proches. Comparant à la moyenne, les écarts types sont très faibles, ce qui révèle que la dispersion des précipitations est faible. Pour des valeurs de \bar{t} égales à 0,32 et 0,67, la méthode ne fournit pas de résultats. Une analyse de sensibilité montre que les événements ayant des moments $\bar{t} \leq 0,32$ et $\bar{t} \geq 0,67$ sont considérés des singularités et par la suite négligés et rejetés de l'étude.

Les valeurs du paramètre a° sont rapportées dans le tableau 3. La variation des précipitations en fonction de la saisonnalité est significative sans être dominante. La superposition des hyétogrammes (figure 2), confirme ces constatations, tout en dévoilant les caractéristiques physiques des différents types d'évènements.

On remarque que les valeurs moyennes normalisées du paramètre a sont très proches de 0,5 (valeur obtenue pour un triangle symétrique). Ces valeurs calculées pour les deux saisons, hiver et printemps sont très proches et dévoilent une répartition symétrique des

pluies autour de la moyenne. Quant aux valeurs obtenues pour l'été et l'automne, elles sont légèrement inférieures, montrant l'irrégularité et l'aspect aléatoire des événements.

Tableau 3 : Valeurs moyennes de a°.

Mois	Durée			
	Toutes les durées	2h	3h	4 et 5h
Moyenne				
12 – 2	0,493	0,505	0,487	0,460
3 – 5	0,493	0,508	0,501	0,486
6 – 8	0,428	0,481	0,335	-
9 – 11	0,449	0,433	0,551	0,434

Les séries de données ont été divisées en groupes selon les quatre saisons pour déterminer l'effet de la durée sur la répartition temporelle du modèle proposé. Pour la même saison, les hyétogrammes de différentes durées sont superposés et présentés par la figure 3.

On note que les hyétogrammes sont identiques pour l'hiver et le printemps. Quant à l'été et l'automne, les hyétogrammes présentent une différence pour les durées de 2h et 3h. Cette différence peut être due à la rareté des pluies. La figure 3 montre aussi que les hyétogrammes de durée 2h ont des formes presque symétriques, comparés aux autres durées.

Pour une durée fixe, les averses ont été assemblées en averses ayant une hauteur supérieure ou inférieure à la hauteur moyenne. La superposition entre les hyétogrammes résultants révèle l'irrégularité des précipitations et spécifie la répartition temporelle des différents types de précipitations (Fig. 4).

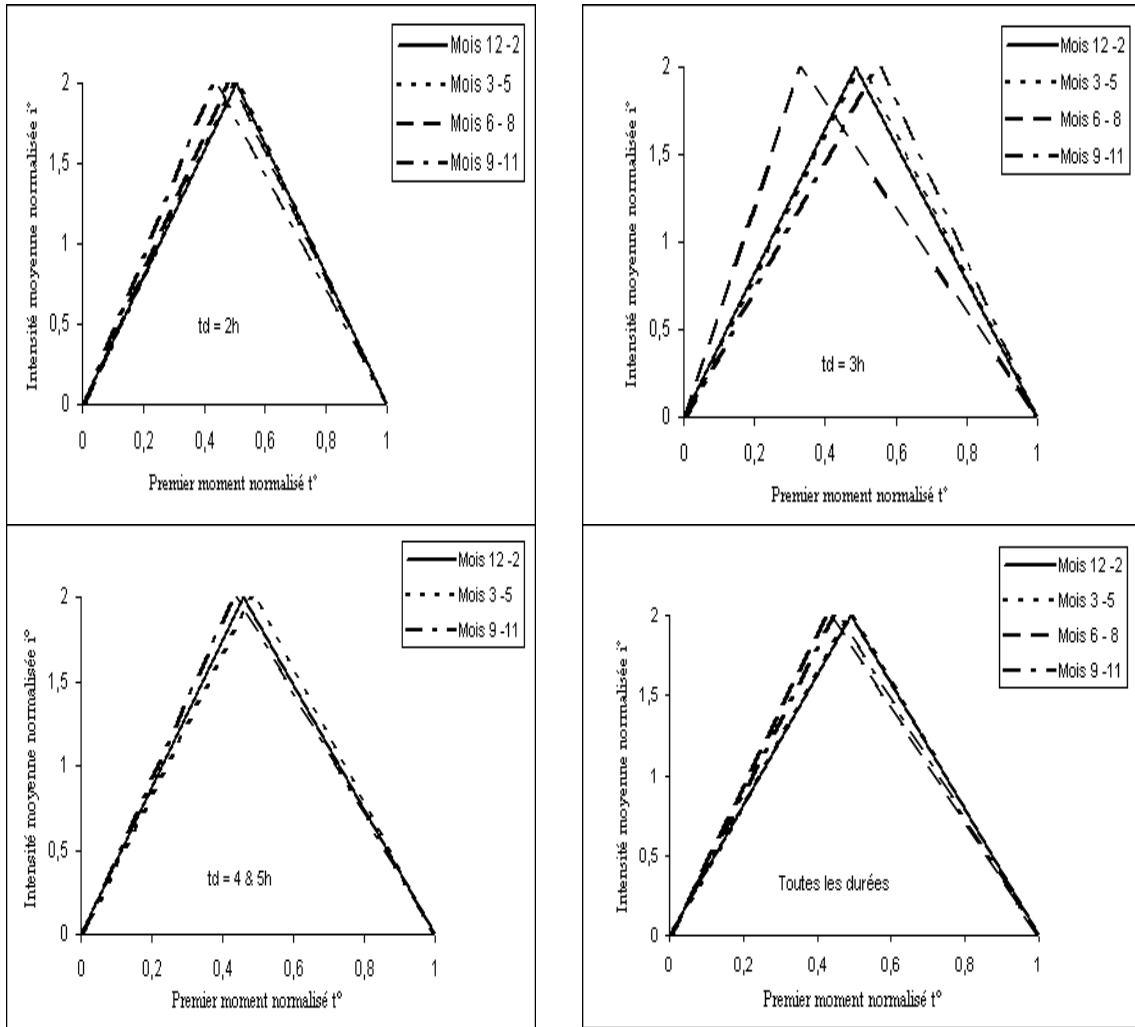


Fig. 2 Effet de la saisonnalité sur l'hétéogramme triangulaire.

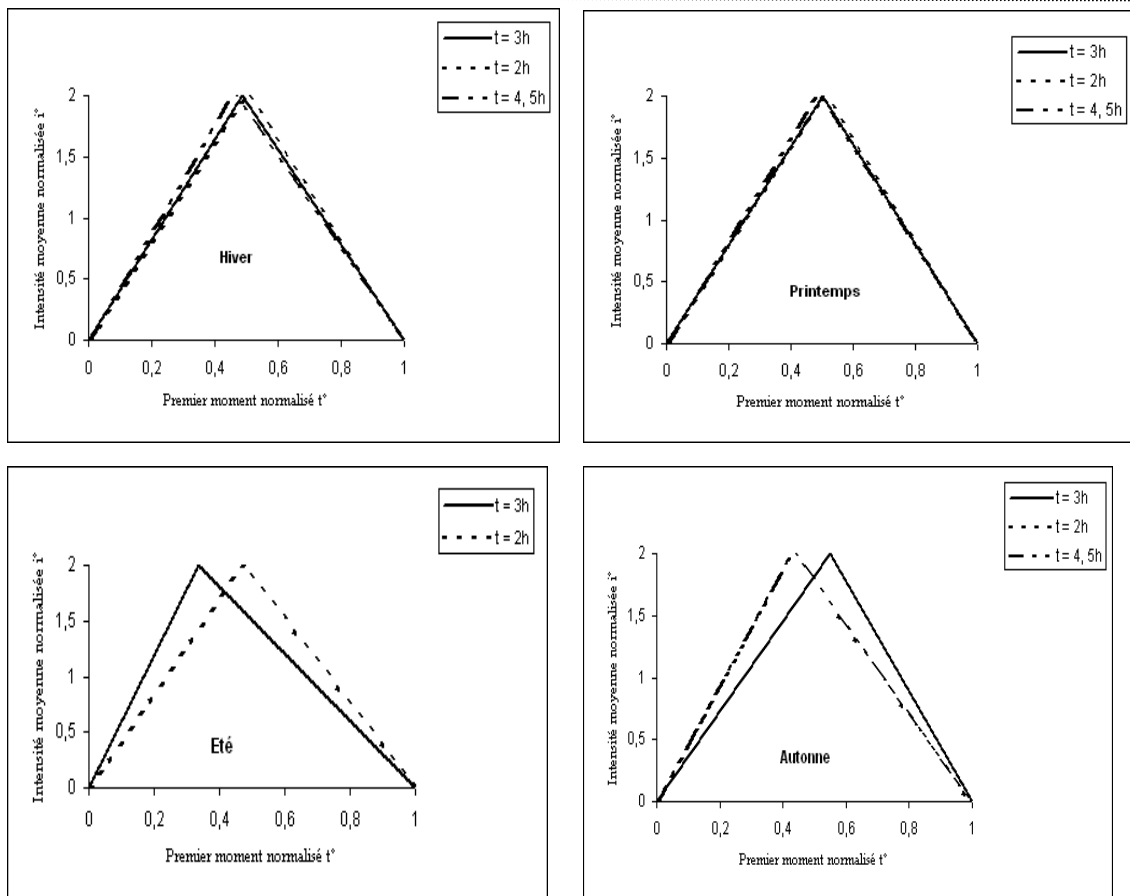


Fig. 3 : Effet de la durée des averses sur l'hyétogramme triangulaire.

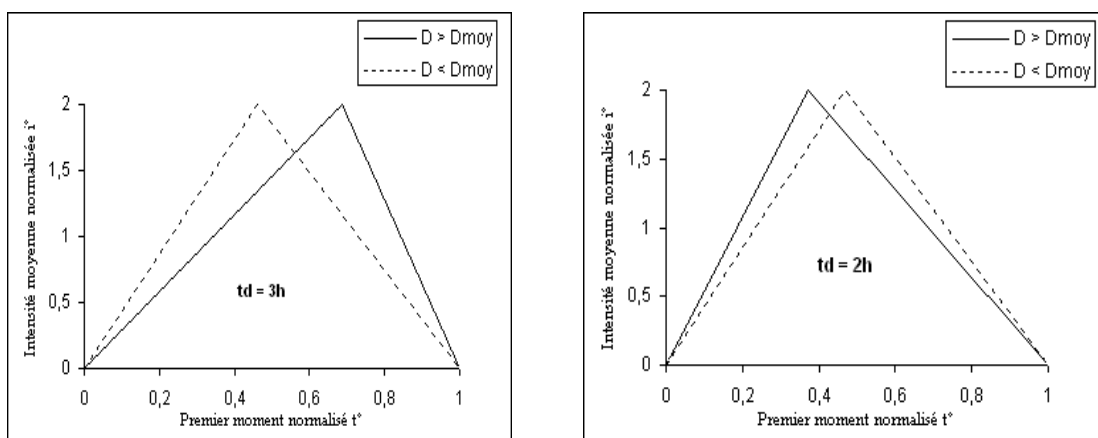


Fig. 4 : Variation des hyétogrammes selon la hauteur moyenne

On constate que la variation des pluies ayant des hauteurs supérieures à la moyenne est nettement plus remarquable. Ces pluies sont généralement des pluies torrentielles de courtes durées et spécifiques au régime aride.

CONCLUSION

Un modèle triangulaire a été établi sur la base d'une étude statistique des séries pluviométriques du bassin versant Zioud (Tunisie centrale) pour un pas de temps standard de 1 heure. Les séries de données ont été groupées suivant la durée (2h, 3h et > 4h) et la saisonnalité (automne, hiver, printemps et été). Les résultats obtenus montrent une faible variabilité des hyétogrammes avec la durée des évènements. Quant à la variation des hyétogrammes en fonction des hauteurs de pluies, elle est nettement plus remarquable. Pour une durée fixe, les averses ont été assemblées en averses ayant une hauteur supérieure ou inférieure à la hauteur moyenne. La superposition entre les hyétogrammes résultants révèle l'irrégularité des précipitations et spécifie la répartition temporelle des différents types de précipitations. En égard, l'utilisation de pas de temps plus court (5 minutes par exemple) et l'intégration des hydrogrammes basée sur le modèle proposé peut être le sujet des études ultérieures. Une comparaison des hyétogrammes triangulaires obtenus avec les modèles conventionnelles est aussi recommandée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chtara, M.N., 1996 Ruissellement et érosion sur le bassin de l'oued Zioud : Projet de fin d'étude d'Ingénieurs. ESIER, Medjez El Bab, ...p.
- Huff, F.A., 1967 Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. *Water Resources Research*, vol. 3, N°4. pp 1007 – 1019.
- Keifer, J.C. et Chu, H., 1957 Synthetic storm patterns for drainage design. *Journal of Hydraulic Division*, 83 (4). ASCE.
- Pilgram, D.H. et Cordery, I., 1975 Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of Hydraulic Division*, ASCE, vol. 101. pp 81 – 95.
- William, H., Asquith, Bumgarner, Johnathan, R., Fahlquist et Lynne, S., 2003 A triangular model of dimensionless runoff producing rainfall hyetographs in Texas. *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 39, N° 4. pp 911 – 921.