

Chapitre 4. Etude des crues

Définition

Une crue se définit comme l'augmentation plus ou moins brutale du débit et par conséquent de la hauteur d'un cours d'eau.

Le concept de "crue pluviale" est parfois employé pour des crues torrentielles dues à une pluie très intense et localisée. On parlera de "crue simple ou élémentaire" pour une crue qui est le résultat d'un seul épisode pluvieux.

Les causes de l'augmentation du débit peuvent être diverses : précipitation atmosphérique, fonte des neiges, débâcle glaciaire, vidange de réservoir... Elle se caractérise par son hydrogramme, graphique qui représente les variations de débit en un point en fonction du temps. C'est la partie montante de cet hydrogramme qui est appelé crue, la partie descendante étant la décrue.

Cependant certains hydrologues désignent par " la crue" l'épisode complet de crue et décrue jusqu'au retour à un régime non influencé. Cette interprétation, même si elle se justifie parfois dans la pratique, paraît en opposition avec la définition même du mot.

Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son "débit de pointe", son volume.

Une crue décennale, centennale... est une crue qui a 1 chance sur 10, 100... d'être dépassée au cours d'une année dans les conditions de climat actuel.

La crue de projet est une crue de récurrence donnée (fonction de l'environnement et d'impératifs technologiques) servant à calculer la résistance des ouvrages de génie civil : ponts, barrages...

4.1. Pluies journalières maximales

L'estimation des pluies journalières est souvent génératrice de crues exceptionnelles. Pour cela, il est important d'effectuer un ajustement statistique d'une loi théorique à la série d'observations afin de déterminer les précipitations maximales journalières fréquentielles. Le traitement des données a été fait à l'aide du logiciel «HYDROLAB».

Ajustement des pluies maximales journalières à la loi de GALTON

Les Paramètres statistiques de l'échantillon sont :

- Nombres des échantillons : $n=75$ ans
- La moyenne $\bar{P}_{\max j} = 34.97$ mm
- L'écart type $\sigma = 13.31$
- Coefficient de variation $C_v = \sigma / \bar{P}_{\max j} = 0,38$

Les valeurs de la pluie maximale journalière pour différentes périodes de retour sont les suivants :

Tableau 1 valeurs de la pluie maximale journalière

Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5
\bar{P}_{maxj} (mm)	101.4	90	81.52	73.19	53.9 2	45.30

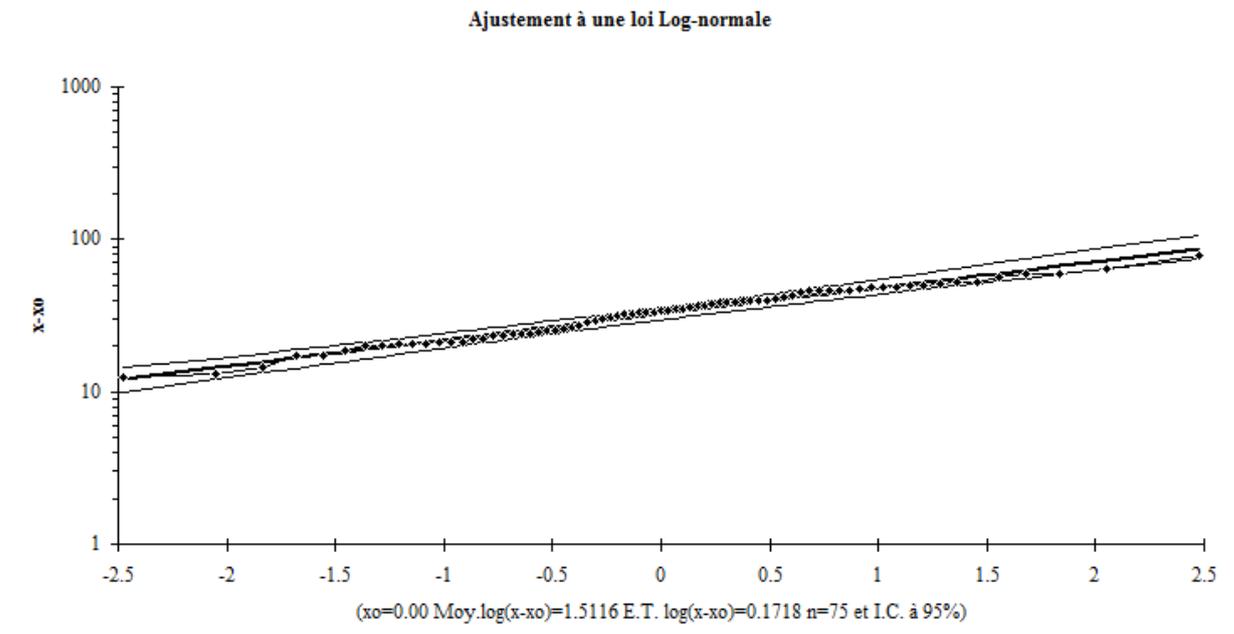


Figure 15: Ajustement à la loi de Galton

4.2. Pluies de courte durée

Pour une période donnée, la quantité de pluie tombée en un temps (t) est déterminée par la formule suivante :

$$P_{maxt,P\%} = P_{maxj,P\%} \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

Avec : $P_{maxt,P\%}$: Pluie de courte durée pour une fréquence donnée (mm).

$P_{maxj,P\%}$: Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm).

t : Durée de pluie (h).

b : Exposant climatique; b = 0,25

L'intensité des pluies $I_t = \frac{P_{tc}}{t}$

Tableau N°2 pluies de courtes durées correspondant au temps de concentration de sous bassin

Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5
$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	101.4	90	81.52	73.19	53.92	45.30
P_{tc} (mm)	46.54	41.31	37.41	33.59	24.74	20.79

4.3 Etude des crues

4.3.1 Débits maximaux fréquentiels

L'absence de données observées nous a contraints à utiliser les formules empiriques les plus adéquates.

L'une des formules les plus utilisées est celle de TURAZZA qui s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{p\%} = C \times I_{p\%} \times S$$

Où : $Q_{p\%}$ = Débit maximum de fréquence (P%)

C = Coefficient de ruissellement lié à la probabilité d'occurrence

$I_{(P\%)}$ = Intensité de la pluie de fréquence (P%) pour une durée égale au temps de concentration T_c .

S = Superficie du bassin versant.

D'après son auteur, il est recommandé d'affecter les valeurs suivantes au coefficient (C).

Tableau 3 les valeurs de coefficient (C).

SBV	Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5
SBV1	P_{tc} (mm)	46.54	41.31	37.41	33.59	24.74	20.79
	C	0,75	0,725	0,7	0,65	0,625	0,55

Rappelons que :

$$I_{p\%} = \frac{P_{tc(p\%)}}{T_c}$$

Tableau 4 Intensité de la pluie de fréquence (P%) pour une durée égale au temps de concentration T_c . et les Débits fréquentiels obtenus par la méthode Turraza

Période de	500	200	100	50	10	5
------------	-----	-----	-----	----	----	---

	retour (ans)						
SBV1	P_{tc} (mm)	46.54	41.31	37.41	33.59	24.74	20.79
	I_p (%)	43.50	38.61	34.96	31.39	23.12	19.43
	Q_{p%} (m³/s)	9.70	8.32	7.27	6.06	4.30	3.18

La 2eme méthode celle de **SOKOLOVSKY**:

$$Q_{\max} = \frac{0}{28 P_{tc\%} C_e S; t_m} * f$$

f : coefficient de forme de la crue , $f = \text{Error!}$, on prend $\gamma=2,50$ d'où $f=1.04$

hydrogramme triangulaire

Tableau N°5: Coefficient de forme

γ	2,0	2,5	3,0	4,0
f	1,20	1,04	0,92	0,75

t_m : temps de montée, en heures où $t_m = f (t_a)$

t_a : étant la durée de l'averse $t_a = t_c, = t_m$ cas des petits bassins versants

C_e : Coefficient de ruissellement en fonction de la fréquence,

Tableau N°6 : Débits fréquentiels obtenus par la méthode Sokolovsky

	Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5
SBV1	C_e	0,75	0,725	0,7	0,65	0,6	0,55
	P _{tc} %(mm)	46.54	41.31	37.41	33.59	24.74	20.79
	Q_{maxp%} (m³/s)	10.16	8.72	7.63	6.36	4.50	3.33

Formule de MALLET-GAUTHIER :

$$Q_{\max,p\%} = 2K \log(1 + 20\bar{P}) \frac{S}{\sqrt{L_t}} \sqrt{1 + 4 * \log T - \log S}$$

Avec :

- ❖ K : Constante comprise entre 1-3, on prend K=1.
- ❖ \bar{P} : Pluie moyenne annuelle (mm).
- ❖ S : Surface du bassin versant (Km²).
- ❖ L_t : Longueur du talweg principal (Km).
- ❖ T : Période de retour

Tableau N°7: Débits fréquentiels obtenus par la méthode MALLET-GAUTHIER

	Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5
SBV1	Q _{maxp%} (m ³ /s)	62.72	58.09	54.33	50.29	39.33	33.53

Tableau 8 : Résultats des crues par les lois empiriques

Périodes de retour (ans)		500	200	100	50	10	5	
Qmax %	SBV1	Turaza	9.70	8.32	7.27	6.06	4.30	3.18
		Sokolovsky	10.16	8.72	7.63	6.36	4.50	3.33
		Mallet-Gauthier	62.72	58.09	54.33	50.29	39.33	33.53

Choix du débit de crues (débit de dimensionnement)

D’après les résultats obtenus par les différentes méthodes de calcul de débit de crues, on remarque que les valeurs obtenues par la méthode de SOKOLOVSKY et celle de Turaza sont très proches l’une de l’autre et cela pour les différentes fréquences de calcul.

On remarque que les résultats obtenus par la méthode Mallet-Gauthier sont grandes par rapport aux autres valeurs.

La méthode de SOKOLOVSKY qui elle, par contre, tiens compte de la surface, du temps de concentration, du coefficient de forme, du coefficient de ruissellement ainsi que de la précipitation correspondante au temps de concentration.

Etant donné que pour le tracé de l’hydrogramme de crue nous utilisons la méthode de SOKOLOVSKY, nous optons pour les débits de crues obtenus par la loi du même auteur.

Tableau N°9 : Débits fréquentiels arrêtés pour les calculs

Période de retour (ans)		500	200	100	50	10	5
Qmaxp% (m3/s)	SBV1	10.16	8.72	7.63	6.36	4.50	3.33

4.3.2 Hydrogramme de crues

La schématisation géométrique proposée par SOKOLOVSKI pour le tracé des hydrogrammes de crues permet de pallier l’absence de stations de mesures hydrométriques. Cet auteur donne à l’hydrogramme de crue la forme d’une courbe fermée par deux paraboles jointes au sommet dont les équations sont les suivantes :

$$Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^m$$

Avec :

Qt = Débit à l’instant t en heures après le début de la crue (m³/s)

Q_{max} = Débit maximal de la crue (m³/s)

tm = Temps de montée de la crue en heures. L’auteur préconise pour les petits bassins tm = Tc

m = Exposant de la parabole, pour les crues pluviales m = 2.

Equation de la courbe de décrue :

$$Q_{(t')} = Q_{\max} \left(td - t' / td \right)^n \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Avec :

$Q_{(t')}$ = Débit à l'instant t' en heures, après la pointe de la crue (m^3/s)

td = Durée de la décrue en heures. $td = \delta \times tm$, pour les petits bassins peu perméables on prend $\delta = 2$ et donc $td = 2 \cdot tm$

n = Exposant de la parabole pour les crues pluviales, $n = 3$.

Le détail des calculs est reporté dans le tableau 10 et les hydrogrammes de crues pour différents temps de retour sont représentés sur la figure 1.

Tableau 10 : Hydrogrammes de crues pour différentes périodes de retour. **SBV 1**

Temps (min)	500 ans	200 ans	100 ans	50 ans	10 ans	5 ans
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.25	0.21	0.19	0.15	0.11	0.08
20	0.99	0.85	0.74	0.62	0.44	0.32
30	2.22	1.90	1.67	1.39	0.98	0.73
40	3.94	3.39	2.96	2.47	1.75	1.29
50	6.16	5.29	4.63	3.86	2.73	2.02
64.2	10.16	8.72	7.63	6.36	4.50	3.33
70	7.966	6.837	5.983	4.987	3.528	2.611
80	6.113	5.247	4.591	3.827	2.708	2.004
90	4.573	3.925	3.434	2.863	2.025	1.499
100	3.316	2.846	2.490	2.075	1.469	1.087
110	2.313	1.985	1.737	1.448	1.024	0.758
120	1.536	1.318	1.153	0.961	0.680	0.503
130	0.956	0.820	0.718	0.598	0.423	0.313
140	0.544	0.467	0.409	0.341	0.241	0.178
150	0.272	0.233	0.204	0.170	0.120	0.089
160	0.110	0.094	0.083	0.069	0.049	0.036
170	0.030	0.026	0.022	0.019	0.013	0.010
180	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
192.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

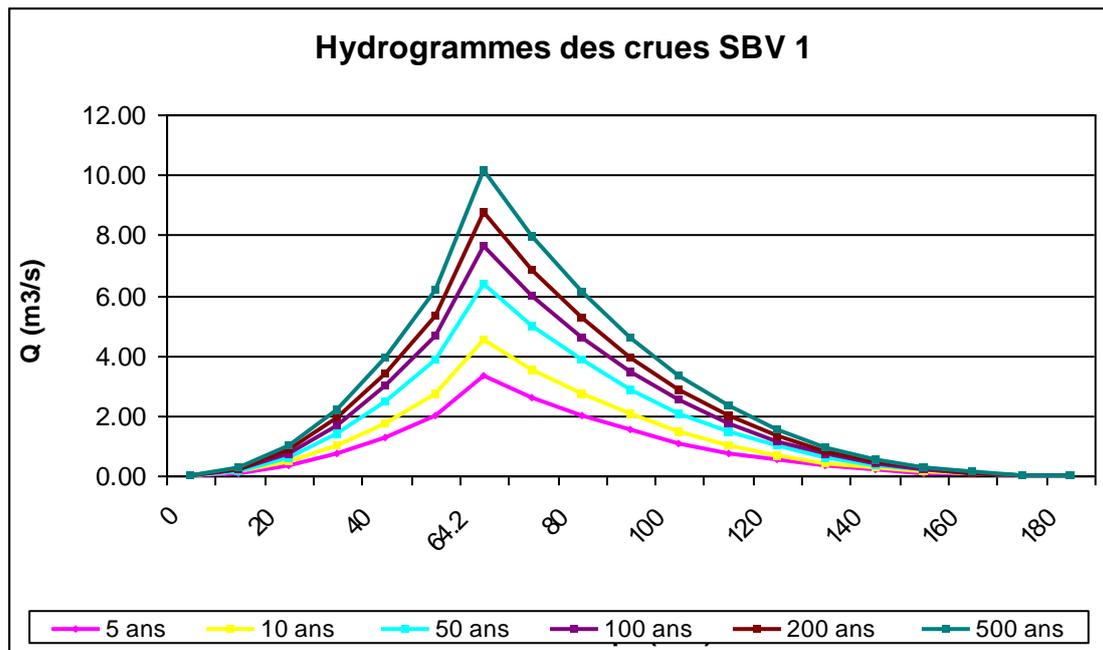


Figure 01 : Hydrogrammes de crues SBV 1

.3.3 Conclusion

Les débits maximaux fréquents déterminés à l'aide de formules empiriques (Turazza SOKOLOVSKI, ANRH) donnent des résultats assez concordants. Toutefois, nous avons retenu les résultats obtenus de la méthode de SOKOLOVSKY. Méthode qui prend en considération l'ensemble des paramètres physico climatiques du bassin versant. Ces résultats ont permis le calcul des volumes des crues maximales pour un temps de retour donné.

Nous avons enfin clos ce chapitre par la schématisation géométrique proposée par SOKOLOVSKY pour le tracé des hydrogrammes de crues.