

Exercice n° HA 0803

Estimation des débits de crue de différents temps de retour à l'aide de plusieurs méthodes pour 4 bassins suisses de caractéristiques physiographiques différentes – comparaison et critique des résultats.

Avant propos

Une des préoccupations dans le domaine de l'hydrologie consiste à améliorer la connaissance du comportement hydrologique de crue d'une rivière pour pouvoir envisager la gestion des bassins versants concernés, la gestion des zones à risque d'inondation, la gestion des ouvrages et aménagements hydrauliques. Il est donc important de pouvoir estimer des débits de crue de différents temps de retour et pour ce faire, plusieurs méthodes ont été conçues, chacune avec des avantages et des contraintes.

Objectifs de l'exercice :

- Appliquer différentes méthodes pour déterminer le débit de pointe pour une période de retour T . Trois méthodes seront utilisées : une méthode statistique appliquée à une série de débits observés (analyse fréquentielle - ajustement de GUMBEL) ; la méthode rationnelle ; et une méthode régionale.
- Comparer les résultats obtenus.

Questions :

Pour 4 bassins versants de taille différente, on vous demande de répondre aux questions suivantes :

Question 1. Estimer les débits de pointe de temps de retour 2.33, 5, 20, 50, 100 ans pour les 4 bassins versants en utilisant :

- a) la méthode de l'indice de crue - méthode régionale (cf. rappel),*
- b) la méthode rationnelle,*
- c) la méthode statistique.*

Question 2. Comparer le $Q_{p(2.33)}$ avec le débit moyen déterminé avec la série de débits de pointe maximum annuel observés.

Question 3. Discuter des résultats en fonction des méthodes, de la période de retour, de la taille du bassin.

Données de l'exercice

L'exercice porte sur 4 bassins suisses de caractéristiques physiographiques différentes :

- Le bassin versant de la Mentue (station à Yvonand) est localisé dans la région de Plateau, en Suisse Romande, la Mentue étant tributaire au lac de Neuchâtel.
- La Haute Mentue (station à Dommartin) est un sous bassin du bassin de la Mentue.
- Les bassins Rotenbach et Rappengraben sont localisés dans la région des Préalpes.

Les données nécessaires à la réalisation de cet exercice se trouvent dans les tableaux 1 à 5 et les figures 1 à 2. Elles sont aussi regroupées dans le fichier Excel « exercice HA 0803 – énoncé.xls ». Des feuilles de calcul à compléter sont aussi disponibles pour faire l'exercice dans le fichier Excel « HA0803_feuillecalcul.xls ».

Tableau 1 : Débits maximum annuels (en m³/s) pour les bassins de la Mentue, Haute Mentue, Rotenbach, Rappengraben - Q_p = débit de pointe maximum annuel en [m³/s].

Année	Mentue (Yvonnand)	Mentue (Dommartin)	Rotenbach	Rappengraben
	Q _{p1} [m ³ /s].	Q _{p2} [m ³ /s].	Q _{p3} [m ³ /s].	Q _{p4} [m ³ /s].
1970	-	-	-	0.68
1971	23.00	-	3.25	0.7
1972	15.40	-	4.8	2.7
1973	13.20	-	3.75	0.72
1974	19.08	-	3.7	1.85
1975	18.09	3.26	4.6	0.78
1976	20.81	3.83	2.25	0.48
1977	41.50	7.22	3.9	0.52
1978	30.82	5.63	5.5	0.72
1979	43.67	5.87	3.5	0.89
1980	33.25	5.69	5	0.7
1981	27.59	5.17	4.6	0.41
1982	52.66	8.72	3.7	0.98
1983	32.55	5.07	3.7	1.2
1984	30.47	4.51	3.9	0.85
1985	37.43	5.27	12.8	0.65
1986	35.47	5.41	4.6	0.43
1987	29.65	5.15	7.9	0.58
1988	33.60	5.3	9.9	0.72
1989	16.83	3.95		
1990	27.99	5.05		
1991	37.27	5.67		
1992	37.99	5.23		
1993	25.41	4.26		
1994	21.83			
1995	45.40			
Moyenne	30.04	5.28	5.08	0.87

Tableau 2 : Caractéristiques physiographiques des bassins versants

Bassin versant	Région		A	L _{RH}	L _R	L _B	Alt	El	I	For.	Pré	Urb.
Mentue	Plateau	W	105	64.2	25.7	21.2	679	0.10	12.2	28.2	66.8	4.92
H.Mentue	Plateau	W	12.5	29.6	7.25	6.65	831	0.17	12.4	55.4	40.8	3.68
Rotenbach	Préalpes	N	1.66	5.00	1.75	1.95	1454	0.29	32.9	27.9	71.5	0.61
Rappengraben	Préalpes	N	0.59	2.79	1.01	0.8	1141	0.31	59.2	53.5	46.5	0

A = surface [km²]

W, N = zones d'égalité des précipitations conformément aux normes SNV;

L_{RH} = longueur totale réseau hydrographique [km] calculée à 1 : 25000

L_R = longueur totale cours principal d'eau [km] calculée à 1 : 25000

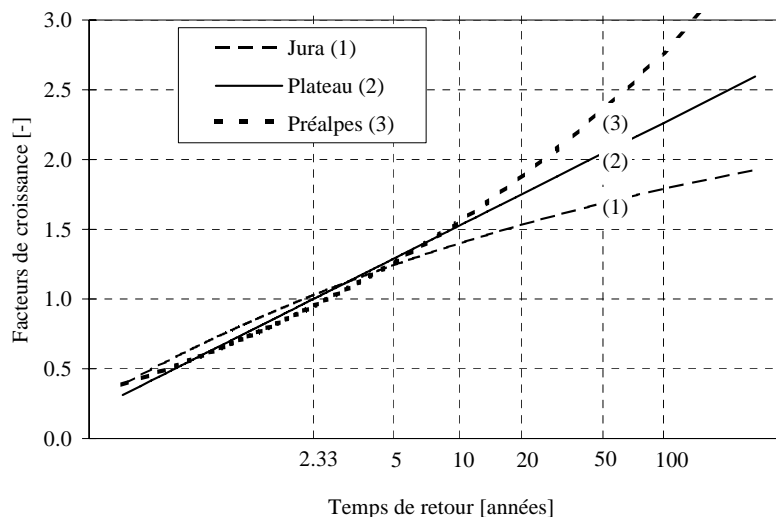
L_B = longueur du bassin versant [km] calculée à 1 : 25000

Alt = altitude moyenne [m] extraite de la courbe hypsométrique du bassin versant

EL = coefficient d'élongation [-]

I = pente moyenne du bassin versant [%]

For., Pré, Urb. = classes d'utilisation des sols [%]: forêt, pré et terrains agricole, urbain.



		Temps de retour T (ans)				
		100	50	20	5	2.33
Quantiles QT/Q2.33 (ou facteurs de croissance Fc(T))	Région "Jura"	1.79	1.69	1.53	1.24	1.03
	Région "Plateau"	2.26	2.04	1.75	1.29	1
	Région "Préalpes"	2.77	2.35	1.87	1.26	0.95

Figure 1: Comparaison des courbes de croissance des régions "Jura", "Plateau" et "Préalpes".

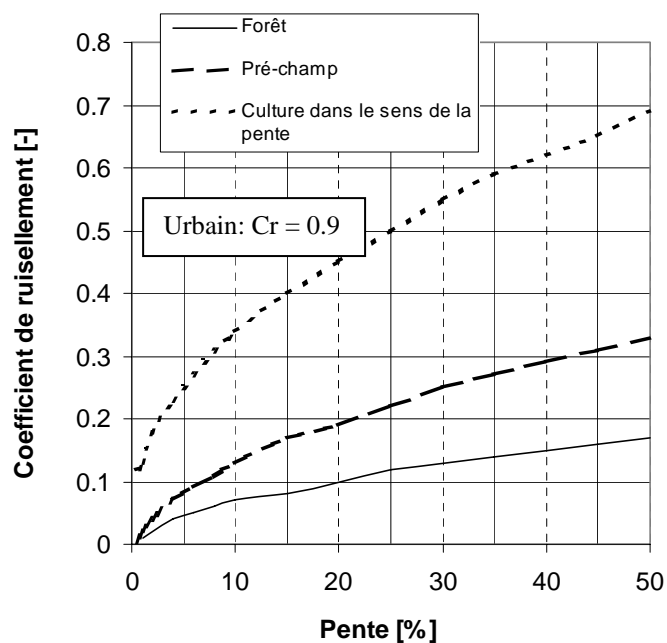


Figure 2: Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la pente et de la couverture du sol en Suisse (Sautier, 1983).

Tableau 3 : Bassin versant et station météorologique locale correspondante

Bassin versant	Mentue	H. Mentue	Rotenbach	Rappengraben
Station météo	Chables	Echallens	Rotenbach	Rappengraben

Tableau 4 : Valeur des coefficients utilisés dans la formule de Montana : $i = a \cdot t^b$ pour différents temps de retour et pour les 4 bassins versants étudiés (tirées des abaques des stations locales)

BV Station	Mentue Chables		H. Mentue Echallens		Rotenbach Rotenbach		Rappengraben Rappengraben	
	a	b	a	b	a	b	a	b
2.33	413.6	0.71	414.3	0.71	310.1	0.63	485.4	0.71
5	503.2	0.70	557.7	0.71	390.4	0.63	557.7	0.71
20	659.6	0.70	903.5	0.74	581.1	0.65	798.7	0.72
50	784.3	0.71	1094.7	0.75	672.1	0.65	858.7	0.72
100	894.0	0.72	1308.3	0.76	793.8	0.66	929.0	0.72

NB : Les différences entre les Q_p [Montana] et Q_p [abaque] sont induites seulement par la variabilité dans la lecture de l'abaque (une erreur de $\pm 15\%$ est acceptable).

Tableau 5 : Tableau des coefficients utilisés dans les calculs des courbes IDF (SNV, 640-350)

Zone/Temps de retour (années)	Repère	K						B
		1	2.33	5	10	15	20	
<i>Alpes</i>								
Valais	V	1050	1389	1700	2100	2300	2400	6
Grisons	G	1900	2511	3000	3750	4100	4300	10
<i>Nord des Alpes</i>								
Partie ouest	W	2700	3588	4300	5400	5950	6200	12
Partie nord-est	N	3400	4510	5400	6750	7450	7750	12
Partie centrale	C	4050	5388	6500	8100	8900	9300	12
<i>Sud des Alpes</i>								
Léventina, Mesolcina	L	3400	4510	5400	6750	7450	7750	12
Sotto-Sopra Ceneri	S	6000	7998	9600	12000	13200	13800	25
Mendrisiotto	M	5000	6665	8000	10000	11000	11500	25

ANNEXE : Rappel méthode régionale

Niggli et al, 2000 proposent de régionaliser le paramètre K d'une formule du type $Q_{2.33} = K \cdot A^\eta$ où A [km²] est la surface du bassin versant et η un paramètre pour la Suisse Occidentale. Le débit de pointe annuel pour un temps de retour T est ensuite obtenu en multipliant $Q_{2.33}$ par un facteur de croissance en fonction du temps de retour caractéristique de la région géographique dans laquelle se situe le bassin versant. Ce facteur se détermine pour différents temps de retour comme l'illustre la figure 2 (pour la région du Jura : $Q_{100} = 1.79 Q_{pa}$, pour la région du Plateau : $Q_{100} = 2.26 Q_{pa}$, pour la région des Préalpes : $Q_{100} = 2.77 Q_{pa}$).

Ils obtiennent finalement la moyenne des débits de pointe annuels Q_T pour une période de retour T par la relation suivante :

$$Q_T = Fc_T \cdot Q_{2.33} = Fc_T \cdot K_{2.33} \cdot A^{0.66} \text{ avec: } K = 0.0056 \cdot EL^{-0.56} \cdot ALT^{0.63}$$

A : surface [km²];

EL :Elongation du versant (rapport entre le diamètre du cercle ayant la même surface que le bassin versant et la longueur totale du réseau hydrographique) [-];

ALT : altitude moyenne du bassin versant [m].

FcT : facteur de croissance en fonction du temps de retour T .