

# Résumé de cours

## Aménagements hydrauliques 1



Source : <https://ormvah.com/>



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
1.1	Divers débits . . . . .	5
1.2	Débits et temps de retour . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Analyse de séries de données de débits</b>	<b>7</b>
2.1	Explication . . . . .	7
2.2	Séries annuelles, avec débits maximaux . . . . .	7
2.2.1	Procédure pour déterminer et extrapoler les temps de retour . . . . .	7
2.3	Séries gonflées . . . . .	9
2.4	Séries tronquées . . . . .	9
<b>A</b>	<b>Formules</b>	<b>11</b>
A.1	Conversion volumes . . . . .	11
A.2	Conversion débits . . . . .	11
A.3	Temps de retour . . . . .	12
A.4	Loi de Gumbel – Séries annuelles . . . . .	12
A.5	Loi de Gumbel – Séries tronquées . . . . .	13
<b>B</b>	<b>Calculer un <math>Q</math> pour un <math>T_{\text{retour}}</math> donné – Séries annuelles</b>	<b>15</b>
B.1	Contrôler la stationnarité . . . . .	15
B.2	Contrôler l'homogénéité – <i>Optionnel</i> . . . . .	16
B.3	Calcul des temps de retour $T$ . . . . .	16
B.4	Calcul des paramètres de la loi de Gumbel . . . . .	17
B.5	Extrapolation d'un débit en fonction du temps de retour . . . . .	17



# Chapitre 1

## Introduction

### 1.1 Divers débits



(a) Etiage ou basse eau ( $15 \text{ L s}^{-1}$ ) (b) Débit normal ou morphogène ( $0.7 \text{ m h}^{-3}$ ) (c) Crues ( $10 \text{ m h}^{-3}$ )

FIGURE 1.1 – Différentes dénominations de débits

- **Débit d'étiage** : quand les rivières tombent à sec ou presque. Il est important de connaître ces valeurs minimales dans un cours pour gérer toutes les demandes en matière de prélèvement d'eau, d'écoulement permanent à restituer en aval d'un barrage. La législation suisse parle d'un débit  $Q_{347}$  (débit moyen sur une journée dépassé en moyenne 347 jours dans une année).
- **Débit morphogène** : les érosions des berges sont normalement influencées par ces mêmes débits. Cela dépend aussi des caractéristiques locales comme la granulométrie du fond du lit.
- **Crue** : important de connaître le débit pour pouvoir définir les zones de risques au sens de la législation suisse (cf. unité de cours Hydraulique 2).

### 1.2 Débits et temps de retour

- Une crue qui survient en moyenne 1 fois tous les 100 ans affiche donc un temps de retour centennal. On peut aussi parler de  $Q_{100}$ .

- La probabilité moyenne associée à ce temps de retour d'être atteinte ou dépassée est de 1/100.
- Les lois et recommandations fédérales obligent des protections en fonction des temps de retours (cf. Figure 1.2).

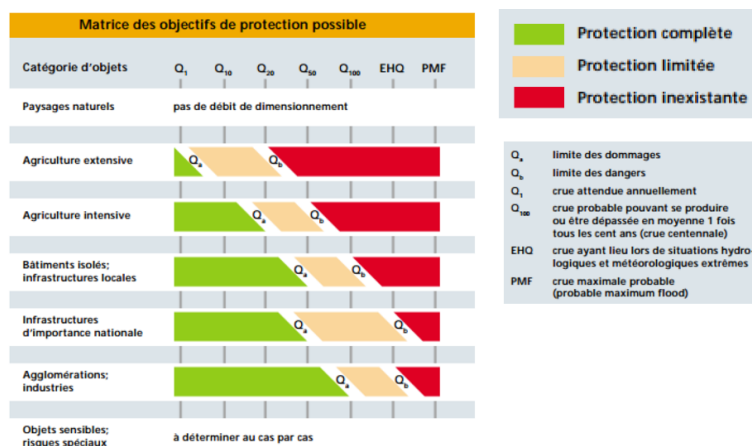


FIGURE 1.2 – Matrice de protection possible

# Chapitre 2

## Analyse de séries de données de débits

### 2.1 Explication

### 2.2 Séries annuelles, avec débits maximaux

L'étude est la marche à suivre convenir pour des séries statistiques avec un débit maximal annuel!

Cela veut dire que pour chaque année (et chaque mois) nous avons le débit maximal, le tout sur une période donnée (plusieurs années) (ex. Tab. 2.1)

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
1965	11	10	14	15	160	205	205	350	145	84	21	18
1966	17	19	17	47	105	175	155	150	97	125	25	20
1967	17	19	20	39	145	320	240	210	110	75	38	35
1968	19	15	21	53	125	205	220	115	140	57	185	40
1969	15	13	14	32	120	205	190	175	82	65	45	22
...												
1992	14	13	17	62	110	290	225	215	175	75	46	38
1993	28	42	38	49	125	200	180	150	460	170	37	27

TABLE 2.1 – Tableau avec les débits maximums pour chaque mois entre les années 1965 et 1993

#### 2.2.1 Procédure pour déterminer et extrapoler les temps de retour

##### 1. Vérification de la stationnarité des données statistiques :

- Tracer le graphique des débits maximum par années comme la Fig XX
- Vérification que cela ne varie pas en fonction des années (courbe de tendance)
- Visualiser l'évolution des crues de pointe en fonction des années donne un bon aperçu d'une dérive quelconque
- ⚠ Si les données ne sont pas stationnaires; cela ne sert à rien de continuer la procédure pour déterminer les débits extrapolés

##### 2. Vérification de l'homogénéité des données statistiques :

- Tracer le graphique des débits maximum par années comme la Fig XX

- Vérification optionnelle (car implique d'avoir les débits maximaux mensuels)
- Vérification que cela ne varie pas en fonction des années (courbe de tendance)
- Visualiser l'évolution des crues de pointe en fonction des années donne un bon aperçu d'une dérive quelconque

### 3. Calcul des temps de retour $T$ :

- (a) Classer les débits par ordre décroissant (du plus grand au plus petit)
- (b) Inscrire le rang de chaque débit
- (c) Calculer le temps de retour selon la formule choisie (cf. Tab. A.1)  
Conseil : utiliser la [formule de Hazen](#)

### 4. Calcul des paramètres de la loi de Gumbel :

*Appelé aussi ajustement statistiques*

- (a) Calcul de la fonction  $F(Q_{obs})$
- (b) Calcul des divers paramètres des données statistiques :
  - Moyenne des débits observés  $\bar{Q}_{obs} = \Sigma Q_{obs_i}$
  - Ecart-type de la moyenne  $\sigma_{Q_{obs}}$  (Excel : ECARTYPE.STANDARD())
  - Paramètre  $a = \bar{Q}_{obs} - 0.5772 \cdot b$
  - Paramètre  $b = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \sigma_{Q_{obs}}$
- (c) Calcul du débit Gumbel :
  - i.  $U = -\ln(-\ln(F(Q_{obs})))$
  - ii.  $Q_{Gumbel} = a + b \cdot U$
- (d) Créer le graphique **GRAPH01** avec les éléments suivants :
  - Abscisse :  $U$  (variable réduite de la loi de Gumbel)  
Échelle logarithmique
  - Ordonnée : Débit [m<sup>3</sup>/s]
  - Données : débits annuels mesurés / débits Gumbel
- (e) Créer le graphique **GRAPH02** avec les éléments suivants :
  - Abscisse : Temps retour [années]  
Échelle logarithmique
  - Ordonnée : Débit [m<sup>3</sup>/s]
  - Données : débits annuels mesurés / débits Gumbel

### 5. Extrapolation d'un débit en fonction du temps de retour :

- (a) Reprendre les paramètres  $a$  et  $b$  déterminer plus tôt
- (b) Fixer les temps de retour  $T_{extrapolé}$  souhaités (5, 10, 20, 30, 50, 100, 300 ans)
- (c) Calcul de  $F(Q) = 1 - \frac{1}{T_{extrapolé}}$
- (d) Calcul de  $U = -\ln(-\ln(F(Q)))$
- (e) Calcul de  $Q_{extrapolé} = a + b \cdot U$
- (f) Ajouter la donnée  $Q_{extrapolé}$  sur les **GRAPH01** et **GRAPH02**



## 2.3 Séries gonflées

Une série gonflée est une série de données statistiques où nous avons 2 ou plus débits maximaux par année.

## 2.4 Séries tronquées

Une série tronquée est une série de données statistiques où les débits sont supérieurs à  $Q_{\text{seuil}}$ .

⚠ Si le seuil est trop bas, on prend des débits très fréquents et des débits extrêmes; qui ne sont peut-être pas homogène.

On prend les séries tronquées pour obtenir les débits fréquents de temps de retour faible; voire inférieur au temps de retour années.

Privilégiez les séries tronquées aux séries gonflées.



# Annexe A

## Formules

### A.1 Conversion volumes

$m^3$			$dm^3$			$cm^3$			$mm^3$		
			$hL$	$daL$	$L$	$dL$	$cL$	$mL$			
		1	0	0	0						
		0.	0	0	1						

### A.2 Conversion débits

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ms}^{-3} &= 1000 \text{ Ls}^{-1} \\
 &= 3.6 \times 10^3 \text{ mh}^{-3} \\
 &= 3.6 \times 10^6 \text{ Lh}^{-1}
 \end{aligned}$$

## A.3 Temps de retour

Nom	Formule	Notes
Weibull	$\frac{n+1}{r}$	Utilisée aux USA
Médiane	$\frac{n+0.365}{r-0.3175}$	
Hosking	$\frac{n}{r-0.35}$	
Blom	$\frac{n+0.25}{r-0.375}$	
Cunnane	$\frac{n+0.20}{r-0.40}$	
Gringorten	$\frac{n+0.12}{r-0.44}$	
Hazen	$\frac{n}{r-0.5}$	Utilisée en France

TABLE A.1 – Différentes formules de calculs des temps de retour

## A.4 Loi de Gumbel – Séries annuelles

#	Paramètres	Formules	Commentaires
1	$\bar{Q}_{\text{mes}}$	$\bar{Q}_{\text{mes}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n Q_i$	Moyenne des débits mesurés
2	$\sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}}$	$\sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n (Q_i - \bar{Q}_{\text{mes}})^2}$	Ecart-type de la moyenne des débits mesurés
3	$a$	$a = \bar{Q}_{\text{mes}} - 0.5772 \cdot b$	
4	$b$	$b = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}}$	
5	$F(Q)$	$F(Q) = 1 - \frac{1}{e^{\frac{T}{b} - \frac{Q-a}{b}}}$	
6	$F(Q)$	$F(Q) = e^{-e^{-\frac{Q-a}{b}}}$	
7	$Q$	$Q = a + b \cdot U$	Débit selon la loi de Gumbel
8	$U$	$U = -\ln[-\ln(F(Q))]$	Variable réduite de Gumbel

TABLE A.2 – Ajustement statistique par la loi de Gumbel

## A.5 Loi de Gumbel – Séries tronquées

#	Paramètres	Formules	Commentaires
1	$\bar{Q}_{\text{mes}}$	$\bar{Q}_{\text{mes}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n Q_i$	Moyenne des débits mesurés
2	$\sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}}$	$\sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n (Q_i - \bar{Q}_{\text{mes}})^2}$	Ecart-type de la moyenne des débits mesurés
3	$a_{\text{exp}}$	$a_{\text{exp}} = \bar{Q}_{\text{mes}} - b_{\text{exp}}$	
4	$b_{\text{exp}}$	$b_{\text{exp}} = \sigma_{\bar{Q}_{\text{mes}}}$	
5	$\lambda$	$\lambda = \frac{\text{nombre de débits}}{\text{nombre de valeurs}}$	
6	$a$	$a = a_{\text{exp}} + b_{\text{exp}} \cdot \ln(\lambda)$	
7	$F(Q)$	$F(Q) = 1 - \frac{1}{T}$	
8	$F(Q)$	$F(Q) = e^{-e^{-\frac{-(Q-a)}{b}}}$	
9	$Q$	$Q = a + b \cdot U$	Débit selon la loi de Gumbel
10	$U$	$U = -\ln[-\ln(F(Q))]$	Variable réduite de Gumbel

TABLE A.3 – Ajustement statistique par la loi exponentielle et la loi de Gumbel



## Annexe B

### Calculer un $Q$ pour un $T_{\text{retour}}$ donné – *Séries annuelles*

Nous avons les données suivantes :

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
1965	11	10	14	15	160	205	205	350	145	84	21	18
1966	17	19	17	47	105	175	155	150	97	125	25	20
...												
1992	14	13	17	62	110	290	225	215	175	75	46	38
1993	28	42	38	49	125	200	180	150	460	170	37	27

TABLE B.1 – Tableau avec les débits maximums pour chaque mois entre les années 1965 et 1993

#### B.1 Contrôler la stationnarité

Le contrôle de la stationnarité se fait en créant le graphique des débits maximales par années (cf. Figure B.1)

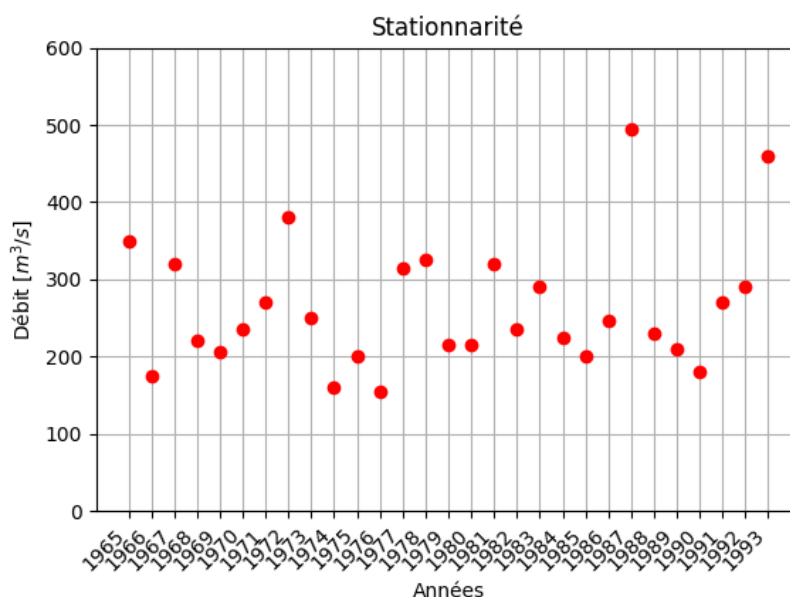


FIGURE B.1 – Stationnarité (étude entre 1965 et 1993)

## B.2 Contrôler l'homogénéité – *Optionnel*

Afin de contrôler l'homogénéité des débits, il faut tracer un graphique avec les débits maximums mensuels et pour toutes les années (cf. Figure B.2).

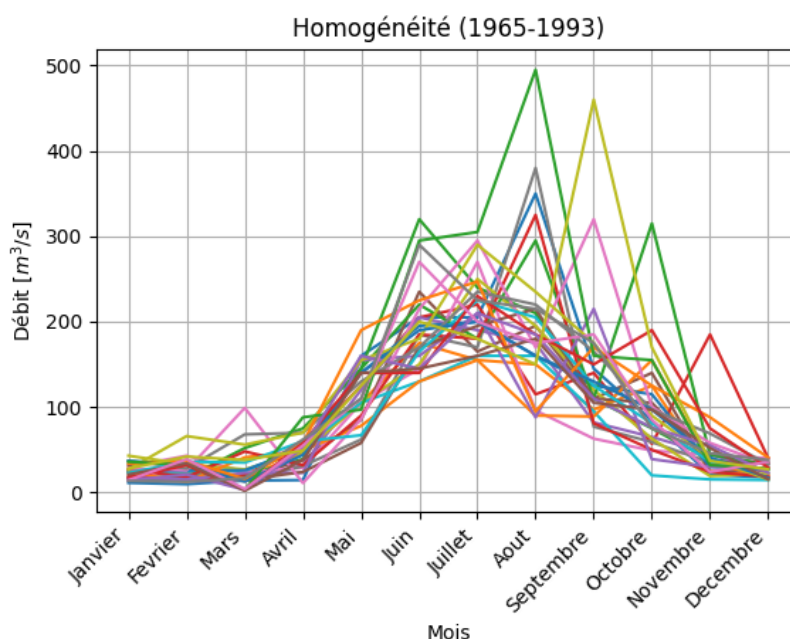


FIGURE B.2 – Homogénéité (étude entre 1965 et 1993)

## B.3 Calcul des temps de retour $T$

1. Garder les débits maximums annuels



2. Classer les débits par ordre croissants
3. Inscrire le rang pour chaque débit
4. Calculer le temps de retour selon la formule choisie (cf. A.1)  
Conseil : utiliser la **formule de Hazen** et utiliser une autre formule pour comparer

## B.4 Calcul des paramètres de la loi de Gumbel

## B.5 Extrapolation d'un débit en fonction du temps de retour