

Exercice n° HU 0101 - Corrigé

Prédimensionnement d'une retenue pour contrôler le débit de rejet dans un récepteur naturel à l'aide de la méthode des pluies – Application à la ville de Lausanne (VD, Suisse).

Données de l'exercice

L'exercice porte sur le dimensionnement préliminaire d'un bassin de rétention dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau de l'énoncé.

Ces données sont regroupées dans une feuille de calcul à compléter qui est disponible dans le fichier Excel « HU0101_feuillecalcul.xls ». Les résultats sont aussi disponibles sur le fichier Excel « exercice HU0101_corrige ».

Questionb 1. Etablissement du diagramme $V_s(T, Q_s)$ pour $T=20$ ans

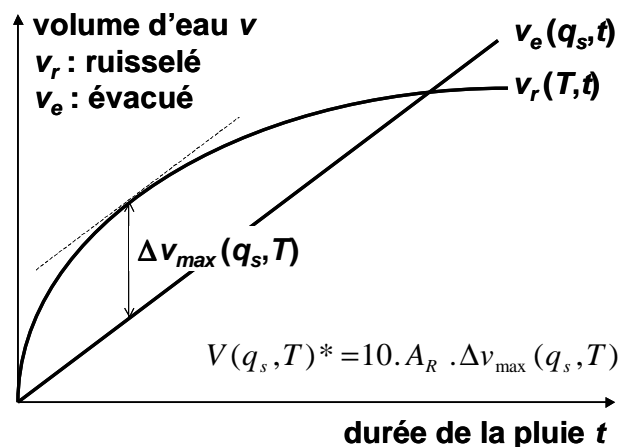
☉ Méthode à appliquer : Méthode des pluies

La Méthode des pluies est une méthode applicable uniquement pour des bassins versants relativement petits.

Différentes hypothèses sont nécessaires pour son application :

- Le débit de fuite de l'ouvrage de stockage est supposé constant,
- Le transfert de la pluie à l'ouvrage de retenue est supposé instantané (phénomènes d'amortissement dus au ruissellement sur le bassin négligés),
- Les évènements pluvieux sont supposés indépendants (périodes de temps sec non prises en compte, séquences de pluies non prises en compte)

Le principe de cette méthode est de régler les valeurs des paramètres de dimension de l'ouvrage (diamètre, etc.) afin que la capacité de stockage de l'ouvrage (fonction des dimensions de l'ouvrage) soit supérieure ou égale au volume maximum à stocker V^* (fonction du volume d'eau à traiter et du débit de fuite de l'ouvrage). La figure suivante représente la manière dont est obtenu ce volume maximum à stocker pour un temps de retour T donné et un débit de fuite q_s donné.



La courbe $v_r(T, t)$ indique le volume d'eau ruisselé $h(T, t)$ entré dans l'ouvrage pour une pluie de durée t et dont l'intensité moyenne maximale a une période de retour T . La courbe $h(T, t)$ est dérivée de la courbe IDF pour la région concernée. La courbe $v_e(q_s, t)$ indique le volume d'eau évacué au bout d'une durée t si le débit de vidange de l'ouvrage est q_s .

⊙ **Démarche :**

Etape 1 : Calcul de la surface active de ruissellement alimentant l'ouvrage.

- Calcul du coefficient d'imperméabilisation C_{imp} correspondant au volume à traiter. On veut juste traiter les 25% d'augmentation de l'imperméabilisation.
- Calcul de l'emprise au sol de l'ouvrage de rétention : on la suppose ici négligeable par rapport à l'aire réduite du bassin versant. On doit sinon la prendre en compte.
- Calcul de l'aire contributive totale (surface contributive du bassin versant + emprise au sol de l'ouvrage).

$$A_c = A_R + A_{ouvrage}$$

Etape 2 : Calcul des volumes ruisselés à traiter pour différentes pluies de durée t dont l'intensité moyenne maximale sur la durée t a pour temps de retour T . La pluie est supposée uniforme dans l'espace et le temps.

- Calcul à partir des courbes IDF, de la lame précipitée $h(T, t)$ correspondant :

$$h(T, t) = \frac{t}{60} \cdot i(T, t) \quad \text{avec} \quad i(T, t) = \frac{a(T)}{b + t}$$

avec $i(T, t)$: intensité moyenne maximale des précipitations pour la période de retour T en mm/h ; t : durée en mn et $h(T, t)$ en mm

- Volume ruisselé à traiter par l'ouvrage pour une durée de pluie t , en mm :

$$v_r(T, t) = h(T, t) \quad \text{en mm}$$

Etape 3 : Calcul du volume évacué par l'ouvrage de vidange au bout d'une durée t .

$$v_e(q_s, t) = \frac{t}{60} \cdot q_s \quad \text{en mm}$$

avec q_s le débit de vidange spécifique en mm/h et t la durée de la pluie en mn.

Etape 4 : Calcul du volume maximal à stocker pour une pluie de période de retour T .

- Pour chaque pluie de durée $t \in [0-180 \text{ min}]$, calcul du volume à stocker dans l'ouvrage pour cette pluie.

$$v_{stock}(q_s, T, t) = v_e(T, t) - v_r(q_s, t)$$

- Volume maximum à stocker dans l'ouvrage de rétention de débit de vidange q_s pour une pluie dont l'intensité moyenne maximale a pour période de retour T :

$$v_{stock}(q_s, T)^* = \underset{t}{\text{Max}} [v_{stock}(q_s, T, t)] \quad \text{avec} \quad v_{stock}(q_s, T) \text{ en mm}$$

et $V_{stock}(q_s, T)^* = 10 \cdot A_R \cdot v_{stock}(q_s, T)^*$ avec $V_{stock}(q_s, T)$ en m³

⊙ Résultats - pour T=20 ans :

Remarque : Le débit de vidange spécifique q_s correspondant à un débit de vidange effectif de $Q_{s0} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la surface réduite $A_R=8\text{ha}$ est $q_{s0} = 45 \text{ mm/h}$. Au débit de vidange effectif Q_s correspond donc le débit de vidange spécifique $q_s = Q_s/Q_{s0} \cdot q_{s0}$.

a) **Volume ruisselés et volumes évacués** pour des pluies de durée $t \in [0-180 \text{ min}]$ dont l'intensité moyenne maximale a une période de retour $T = 20 \text{ ans}$ et pour un débit de vidange $q_s = 0.25 \text{ m}^3/\text{s} = 11.25 \text{ mm/h}$.

durée de l'averse t [min]	Lame précipitée $v_f(T,t)$ [mm]	hauteur d'eau évacuée $v_e(q_s,t)$ [mm]	volume à stocker $V_s(T,q_s,t)$ [m3]
0	0.0	0.0	0.0
5	11.3	0.9	828.1
10	17.4	1.9	1245.8
15	21.3	2.8	1480.9
20	24.0	3.8	1619.2
25	25.9	4.7	1699.8
30	27.4	5.6	1743.3
35	28.6	6.6	1761.7
40	29.5	7.5	1762.1
45	30.3	8.4	1749.2
50	31.0	9.4	1726.3
55	31.5	10.3	1695.7
...

Soit :

- Durée critique de la pluie pour cette configuration (T, q_s) : $\theta = 40 \text{ mn}$;
- Volume maximum à stocker : $V_s(20\text{ans} ; 0.25\text{m}^3/\text{s})=1762 \text{ m}^3$

b) **Volume à stocker** dans l'ouvrage en fonction du débit de vidange pour $T=20 \text{ ans}$.

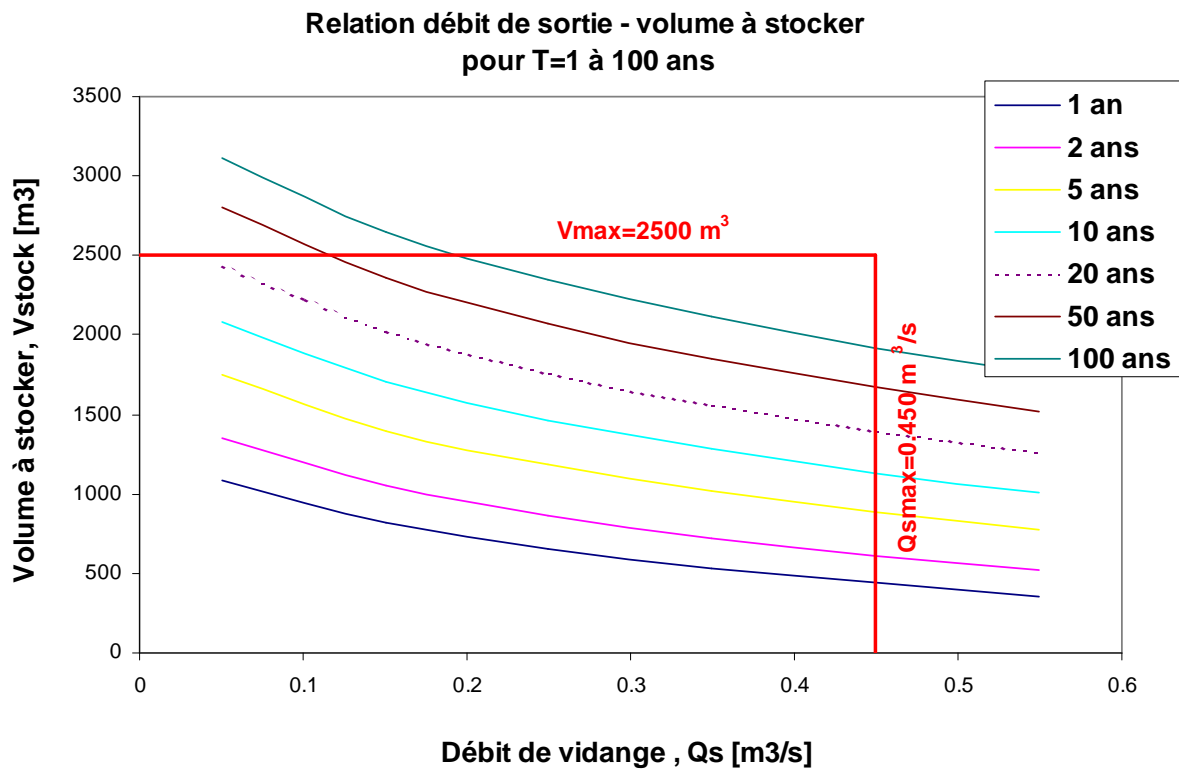
Q_s (m3/s)	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55
q_s (mm/h)	2.25	6.75	11.25	15.75	20.25	24.75
Durée critique de la pluie θ (mn)	100	50	40	30	25	20
Volume à stocker V_s (m3)	2442	2026	1762	1563	1400	1259

Question 2. Graphique $Q_s - V_{\text{stockage}}$ pour les autres périodes de retour

En procédant de la même manière pour les autres temps de retour, on obtient :

		Période de retour T (ans) =						
		1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
		paramètre a =						
		2867	1372	1715	2003	2303	2606	2867
débit spécifique de fuite q_s [mm/h]	débit de fuite Q_s [m ³ /s]	volume à stocker V [m3]						
2.3	0.050	1085.9	1352.0	1748.8	2086.5	2441.7	2803.3	3116.7
6.8	0.150	814.9	1047.3	1400.3	1703.8	2026.3	2357.3	2645.6
11.3	0.250	650.2	861.0	1183.3	1463.8	1762.1	2072.8	2342.9
15.8	0.350	528.3	723.3	1020.0	1279.5	1563.3	1852.5	2111.7
20.3	0.450	438.0	611.3	889.2	1129.5	1399.8	1672.7	1920.5
24.8	0.550	359.7	521.3	775.4	1009.2	1259.2	1522.7	1757.9

Le Diagramme $V_s(T, Q_s)$ obtenu par la méthode des pluies pour un bassin de rétention de surface contributive réduite $A_R = 8$ ha est :



Question 3. Respect des contraintes

Quelle que soit la période de retour choisie pour le dimensionnement de l'ouvrage on peut trouver un débit de vidange suffisamment grand pour que le volume à stocker soit inférieur au volume maximum permis (2500 m^3) et suffisamment petit pour qu'il soit inférieur au débit de vidange maximum possible (450 l/s). Pour $T=50$ ans et $T=100$ ans, le débit de vidange doit être supérieur respectivement à $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ et à $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour que l'on puisse respecter la contrainte de volume.