

Exercice n° HU 0103 - Corrigé

Prédimensionnement d'une retenue pour contrôler le débit de rejet dans un récepteur naturel à l'aide de la méthode des débits – 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 « HU0103_feuillecalcul.xls ». Les résultats sont aussi disponibles sur le fichier Excel « exercice HU0103_corrige ».

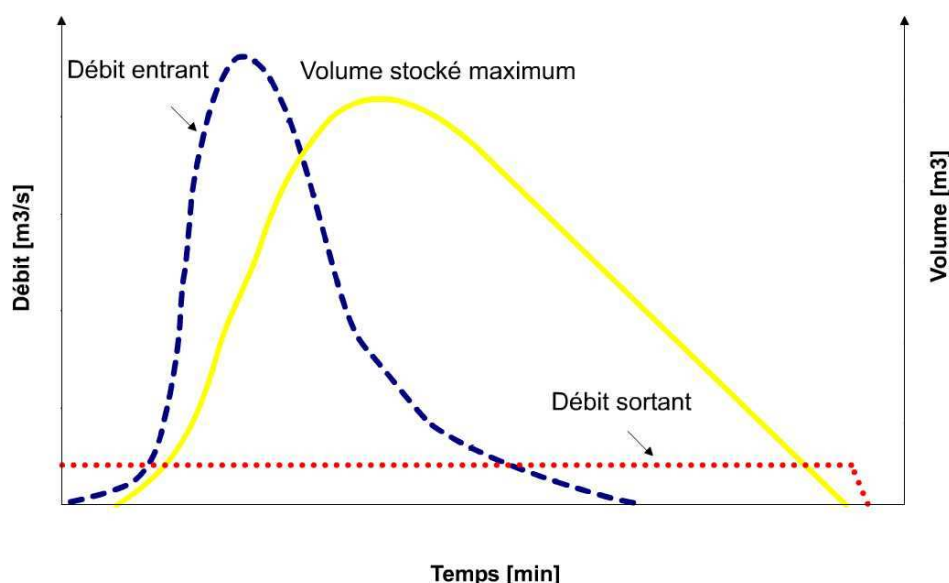
Question 1. Etablissement du diagramme $V_s(T, Q_s)$ pour $T=20$ ans

☉ Méthode à appliquer : Méthode des débits

La méthode des débits utilise une gamme significative de pluies réelles observées ou de plusieurs pluies de projet de caractéristiques différentes. Elle repose sur la définition de trois relations :

- Une relation de conservation des volumes.
- Une relation de stockage décrivant l'évolution du volume stocké en fonction de la hauteur d'eau dans le bassin.
- Une (ou des) relation(s) de vidange décrivant l'évolution du débit de sortie du bassin en fonction de la hauteur d'eau dans le bassin.

La hauteur d'eau stockée dans le bassin et le débit sortant peuvent alors être calculés en fonction du temps, en résolvant numériquement le système constitué par les équations ci-dessus.



Evolution des différentes grandeurs en fonction du temps

Ce type de modèle est applicable pour des retenues de surface inférieure à une centaine d'hectares. Il demande à être couplé à des logiciels de simulation du ruissellement et éventuellement de propagation en conduite. Il ne peut être utilisé normalement qu'avec un support informatique (résolution des équations).

⊙ Démarche :

Dans le cadre de cet exercice, la démarche est très simplifiée puisqu'on détermine une seule pluie de projet, et que l'on suppose que le transfert de la pluie nette vers le bassin de rétention est immédiat.

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 de l'hydrogramme résultant de la pluie de projet

- Calcul de la pluie de projet selon la méthode composite sur la base des courbes IDF de la ville de Lausanne (forme à choisir). Avec $t \in [0-180 \text{ min}]$.
- Calcul de la pluie nette selon l'indice W (pour chaque pas de temps : intensité $i(T,t) \times$ coefficient d'imperméabilisation de 0,25%).
- On suppose ensuite que le transfert de la pluie nette vers le bassin de rétention est immédiat.
- Le débit $Q(T, t)$ est simplement : $Q(T, t) = \frac{i(T,t)}{60} \cdot 0,25 \cdot A_R = \frac{i(T,t)}{60} \cdot A_c$ en m^3/s
- Le volume ruisselé à traiter par l'ouvrage pour un pas de temps Δt (en min) :

$$v_r(T, t) = \frac{1}{2} [Q(T, t-1) + Q(T, t)] \cdot \Delta t \cdot 60 \text{ en m}^3$$

Etape 3 : Calcul du volume évacué par l'ouvrage de vidange pour un pas de temps Δt en min :

$$v_e(Q_s, t) = Q_s(T, t) \cdot \Delta t \cdot 60 \text{ en m}^3$$

avec Q_s le débit de vidange en m^3/s .

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

- Pour chaque pas de temps, calcul du volume à stocker dans l'ouvrage en tenant compte des volumes stockés précédents :

$$v_{stock}(Q_s, T, t) = v_e(T, t) - v_r(Q_s, t) + v_{stock}(Q_s, T, t-1) \text{ en m}^3$$

- Recherche du volume maximum à stocker dans l'ouvrage de rétention de débit de vidange Q_s pour une pluie de projet de 180 min et de période de retour T .

⊙ Résultats - pour T=20 ans :

a) **Volume ruisselés et volumes évacués** pour une pluie de projet de durée 180 min et de période de retour T = 20 ans et pour un débit de vidange $Q_s = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit $v_e(Q_s, T) = 75 \text{ m}^3$).

Temps écoulé	intensité de projet	Hydrogramme de projet entrant	Volume d'entrée	Volume à stocker
[min]	[mm/h]	[m3/s]	[m3]	[m3]
0	0	0		
5	135.47	3.01	451.57	376.6
10	73.89	1.64	697.88	999.4
15	46.53	1.03	401.39	1325.8
20	31.99	0.71	261.70	1512.5
25	23.34	0.52	184.42	1622.0
30	17.78	0.40	137.08	1684.1
35	14.00	0.31	105.95	1715.0
40	11.31	0.25	84.36	1724.4
45	9.32	0.21	68.77	1718.1
...

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

Débit de fuite Q_s (m^3/s)	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55
Volume à stocker V_s (m^3)	2434	2004	1724	1505	1324	1172

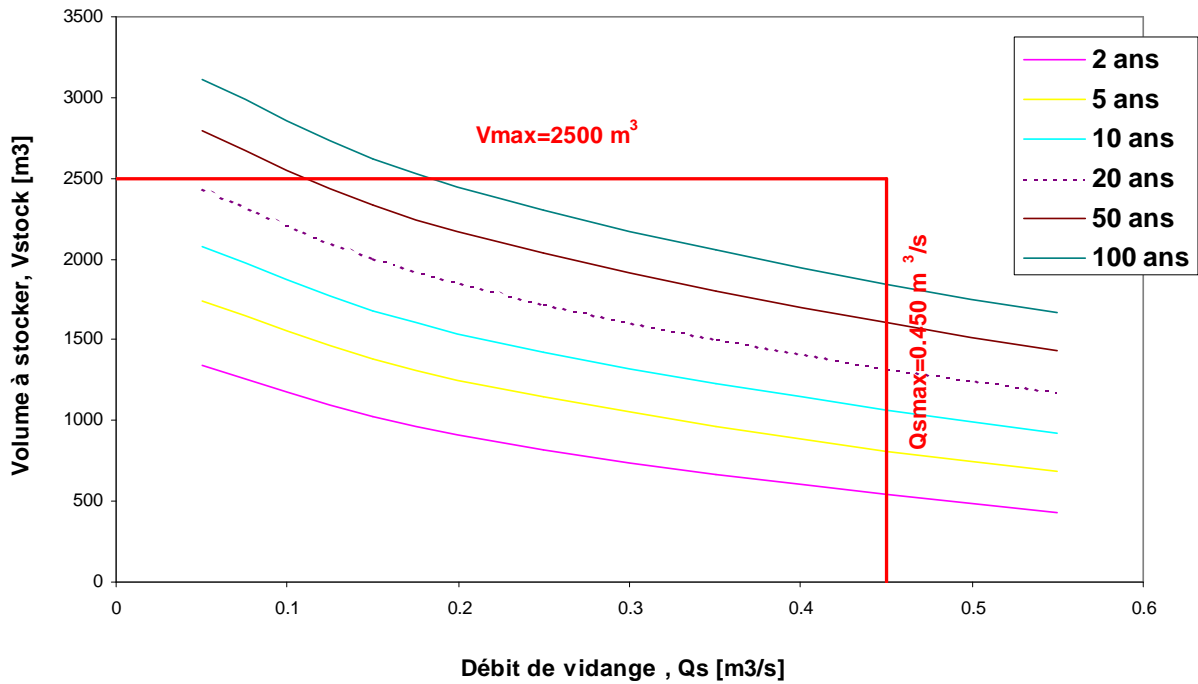
Question 2. Graphique $Q_s - V_{\text{stockage}}$ pour les autres périodes de retour

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
débit de fuite Q_s [m^3/s]	volume à stocker V [m^3]						
0.050	1344.3	1741.1	2078.8	2434.0	2795.6	3109.1	1344.3
0.150	1024.7	1377.1	1681.1	2003.5	2333.9	2621.8	1024.7
0.250	821.4	1143.1	1423.2	1724.4	2033.0	2304.2	821.4
0.350	664.7	962.1	1226.1	1505.0	1799.7	2053.6	664.7
0.450	539.8	812.1	1061.8	1324.1	1604.8	1846.7	539.8
0.550	428.9	689.8	916.4	1172.0	1434.7	1666.7	428.9

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

**Relation débit de sortie - volume à stocker
pour T=2 à 100 ans**



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 $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ et à $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ pour que l'on puisse respecter la contrainte de volume.

Comparaison avec les autres méthodes pour T=20 ans :

**Relation débit de sortie - volume à stocker
pour T=20 ans et pour différentes méthodes de calcul**

