

Exercice n° HU 0402 - Corrigé

Contrôle du dimensionnement d'un collecteur pour l'assainissement pluvial à l'aide de la formule rationnelle - Bassins hétérogènes en parallèle.

Données de l'exercice

L'exercice porte sur un bassin versant mixte (urbain et rural) dont la configuration et les caractéristiques sont regroupées dans la figure 1 et le tableau 1 de l'énoncé. Les indications supplémentaires nécessaires à la réalisation de cet exercice se trouvent aussi dans l'énoncé. Les résultats sont disponibles sur le fichier Excel « HU0402_corrige.xls ».

Question 1 : Estimation du débit de pointe $Q_{3-20}(t_3)$ par la méthode rationnelle

- a) Les temps de concentration t_{c1} et t_{c2} sont calculés avec : $t_c = t_u + t_s + t_a$
- t_s : temps de ruissellement pour atteindre le collecteur ($t_s = L_s/V_s$)
 - t_a : temps d'acheminement par le collecteur ($t_a = L_c/V_c$)
 - t_u : temps d'humectation (10 min pour la partie rurale, 5 min pour la partie urbaine)
- b) Le temps de concentration t_{c3} du bassin BV3 est égal au maximum des deux temps de concentration sur l'ensemble des sous bassins (car bassin en parallèle) : $t_{c3} = t_{c1} = 60$ min.
- c) La durée critique t_3 pour BV3 est le temps de concentration t_{c3} . L'intensité moyenne maximale correspondante est : $i_3 = a / (b + t_3) = 32$ mm/h
- d) Le coefficient de ruissellement moyen pour l'ensemble du bassin (BV3=BV1+BV2).

$$Cr_3 = (A_1 \cdot Cr_1 + A_2 \cdot Cr_2) / (A_1 + A_2) = 0.28$$

Les coefficients de ruissellement sont donnés :

- Par les abaques pour le bassin rural : $Cr_1 = 0.2$ (tiré des normes suisses SNV 640 351 : Cr est fonction de la couverture du sol uniquement ! Cr différent pour autres normes).
- En prenant en compte la formule d'estimation globale du Cr pour la zone urbanisée et en considérant que les surfaces imperméables ont un $Cr = 0.9$:

$$Cr_2 = Cr_{urb} \cdot IMP + Cr_{rur} \cdot (1-IMP) = 0.9 \cdot IMP + 0.2 \cdot (1-IMP) = 0.5 \quad (\text{où } Cr_{rur} = Cr_1).$$

- e) Le débit de pointe à l'exutoire de BV3 pour la période de retour $T = 20$ ans et la durée critique t_3 est obtenu en appliquant la formule rationnelle comme suit :

$$Q_{3-20}(t_3) = A_3 \cdot Cr_3 \cdot i_3 = 0.0028 \cdot 150 \cdot 0.28 \cdot 32 = 3.76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Question 2. Estimation de $Q_{2-20}(t_2)$ pour le bassin urbain (BV2) par la méthode rationnelle

Pour le bassin urbain (BV2) :

- Le temps de concentration t_{c2} est calculé dans la question 1 avec : $t_c = t_u + t_s + t_a$.
- L'intensité moyenne maximale correspondante à pluie de durée critique $t_2 = t_{c2}$ est : $i_2 = a / (b + t_2) = 72$ mm/h. (On peut remarquer que $i_2 > 2 \cdot i_3$!)
- Le débit de pointe à l'exutoire de BV2 pour la période de retour $T = 20$ ans et la durée critique t_2 est obtenu en appliquant la formule rationnelle comme suit :

$$Q_{2-20}(t_2) = A_2 \cdot Cr_2 \cdot i_2 = 0.0028 \cdot 40 \cdot 0.5 \cdot 72 = \mathbf{4.03 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Le débit de pointe provenant de la seule partie urbaine (correspondant à la pluie de durée tc_2) est plus grand que le débit de pointe total (correspondant à la pluie de durée tc_3 obtenu pour l'ensemble du bassin BV3). **La durée critique pour le bassin BV3 n'est donc pas tc_1 .** La durée tc_2 étant plus défavorable que tc_1 , il est envisageable d'utiliser cette durée pour le dimensionnement mais il est aussi probable que cette durée tc_2 ne soit pas non plus la durée critique...

Question 3 : Estimation de $Q_{3-20}(t_2)$ pour le bassin urbain (BV3) par la méthode rationnelle

On peut proposer la méthode grossière suivante qui n'est cependant pas à conseiller (voir la réponse à la question 4) :

- a) Suite à la remarque faite à la fin de la question 2, on peut chercher à calculer le débit de pointe total observé à l'exutoire de BV3 pour la pluie d'intensité i_2 et de durée $\theta = tc_2$. La difficulté est d'évaluer la contribution de BV1 à l'instant tc_2 . Comme la durée de la pluie $t_2 = tc_2$ est plus petite que le temps de concentration tc_1 du bassin rural, seule une partie du bassin rural est donc arrivée à l'exutoire au bout du temps égal au temps de concentration du bassin urbain. On peut pour grossièrement représenter l'évolution du débit à l'exutoire de BV1 entre le début de la crue et le débit $Q^*_{1-20}(tc_1)$ qui serait obtenu avec une pluie de même intensité i_2 mais de durée $\theta \geq tc_1$ utiliser une augmentation linéaire simple du débit entre $Q = 0$ et $Q = Q^*_{1-20}(tc_1) = A_1 \cdot Cr_1 \cdot i_2$; c'est à dire $Q(t) = t / tc_1 \cdot Q^*_{1-20}(tc_1)$.

Une estimation du débit observé à l'exutoire du bassin BV1 pour la pluie de durée t_2 sera donc simplement : $Q_{1-20}(t_2) = tc_2 / tc_1 \cdot Q^*_{1-20}(tc_1) = \mathbf{1.48 \text{ m}^3/\text{s}}$

- b) Une estimation du débit de pointe de période de retour $T = 20$ ans observable à l'exutoire de BV3 sera alors : $Q_{3-20}(t_2) = Q_{1-20}(t_2) + Q_{2-20}(t_2) = 1.48 + 4.03 = \mathbf{5.51 \text{ m}^3/\text{s}}$.

La valeur du débit de pointe à retenir pour le dimensionnement du collecteur à l'exutoire du bassin BV3 serait donc $5.51 \text{ m}^3/\text{s}$ et non pas $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Question 4 : Limites à l'utilisation de la formule rationnelle

Lorsque l'on a des bassins très hétérogènes comme c'est le cas dans cet exercice, les temps de concentrations sont assez différents. Or la formule rationnelle ne permet pas d'ajouter les débits de pointe des sous bassins versants que si l'on utilise le temps de concentration le plus grand des deux sous bassins... Mais l'on a vu que cette façon de faire n'était pas très satisfaisante.

En fait, pour que la méthode rationnelle soit applicable, il faudrait avoir :

- Des bassins avec des temps de concentrations similaires et ainsi ajouter sans problème leurs contributions respectives.
- Des bassins avec des temps de concentration tellement différents que l'on pourrait négliger la contribution de l'un ou l'autre des deux bassins. Par exemple avec la configuration de bassin de cet exercice, si le bassin 2 était très réactif et productif, la contribution du bassin 1, moins réactif et au temps de concentration plus grand serait alors négligé. Il faut approximativement que : $(Cr_1 \cdot A_1 / tc_1) / (Cr_2 \cdot A_2 / tc_2) \ll 1$.

Une méthode très avantageuse est celle des courbes isochrones utilisant pour chacune des aires isochrones la méthode rationnelle (voir l'exercice HU0404). On peut alors, à période de retour de l'intensité moyenne maximale de la pluie fixée, faire varier la durée de la pluie (et donc l'intensité maximale de la pluie à l'aide d'une courbe IDF) et en déduire la durée de la pluie critique pour le bassin composite étudié qui conduit au débit de pointe maximum.