

Exercice n° HU 0502

Dimensionnement d'un système de stockage des eaux de pluie sur parking et toitures pour laminage de crue sous contraintes

Avant propos :

Pour limiter les débits de ruissellement introduits dans un réseau d'assainissement de type séparatif, on souhaite réguler, par des ouvrages de rétention des eaux de pluie, les débits produits par le quartier urbain décrit sur la figure 1. Le quartier est composé d'un parking totalement imperméable et d'un ensemble de 4 immeubles. La surface du parking et la surface portée au sol des toitures est indiquée sur la Figure 1. Le collecteur récupérant les débits de ruissellement de ce quartier a une capacité maximum d'évacuation Q_0 . La rétention des eaux de pluie peut être envisagée sur les toitures (plates) et sur le parking.

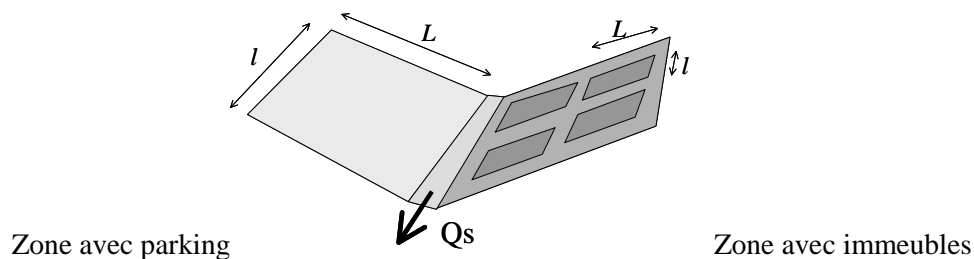


Figure 1. Schéma du quartier urbain considéré : Q_s : débit évacué par le réseau.

Objectifs de l'exercice

- évaluer l'utilité et l'efficacité de techniques alternatives de stockage temporaire de pluies pour une configuration de bassin urbain simplifiée,
- étudier l'influence des caractéristiques de la pluie sur les résultats – discuter de la pertinence de la pluie de projet.

Questions

On vous demande de répondre aux questions suivantes

Question 1. Pour les pluies P_1 , P_2 , P_3 et P_4 , les apports provenant des 4 toitures et du parking sont-ils supérieurs à la capacité maximum Q_0 du collecteur d'évacuation des eaux pluviales ?

Question 2. Si oui, peut-on envisager un stockage dans les toitures (hauteur maximum acceptable sur les toits $H_{T \max \lim} = 5\text{cm}$) pour réduire de façon suffisante les apports ?

Question 3. Si c'est insuffisant, un stockage supplémentaire sur la surface du parking résout-il le problème (hauteur d'eau maximum admissible $H_{P \max \lim} = 2.5\text{cm}$) ?

Question 4. Est qu'un dispositif de régulation des débits de sortie tel que $Q_{T \lim} = 0.25\text{m}^3/\text{s}$ (total pour les 4 toitures) et $Q_{P \lim} = 2\text{m}^3/\text{s}$ est acceptable ?

On souhaite ajouter une contrainte de dimensionnement supplémentaire permettant d'assurer la cohérence d'une gestion globale et concertée à l'échelle de tout un bassin versant, comprenant le

quartier considéré. On impose donc un débit maximum admissible $Q_{0(2h00)}$ dans le collecteur pour tout instant situé 2h00 ou plus après le début des ruissellements. En d'autres termes on veut que : $Q_{coll}(t > 2h00) < Q_{0(2h00)} \quad \forall t > 2h00$

Question 5. Existe-t-il une configuration de régulation du système acceptable pour répondre aux 4 contraintes pour les pluies P1, P2, P3 et P4 ?

Données de l'exercice :

Les données sont à introduire dans une feuille de calcul à compléter qui est disponible dans le fichier Excel « HU0502_données.xls ». Une feuille de calcul contenant déjà la résolution mathématique est aussi disponible « HU0502_données2.xls ».

Données pour le quartier urbain considéré

La capacité d'évacuation maximum du collecteur est : $Q_0 = 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Dans le cadre de la gestion globale des eaux de ruissellement à l'échelle du bassin versant, le débit maximum autorisé en sortie du quartier considéré 2h00 après le début des ruissellement est $Q_{0(2h00)} = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$

Les caractéristiques de la configuration urbaine considérée (dimensions du parking et de la toiture des immeubles) sont données ci-dessous (cf. figure 1 pour notations).

	Longueur L [m]	Largeur l [m]	Pente α [%]	Coefficient de rugosité n
<i>parking</i>	500	500	0,1	0.015
<i>toitures immeubles</i>	200	200	0,1	0.015

Données pluviométriques

Les caractéristiques des différentes pluies de projet à simuler ont été déterminées à partir du modèle IDF de Talbot (coefficients déterminés à partir des observations faites sur la station de Lausanne). Elles sont données en [mm/h] dans le tableau ci-dessous. La première a une période de retour 5 ans, les autres une période de retour 100 ans. Elles ont respectivement une forme dite avancée, centrée, retardée.

Δt [mn]	10	20	30	40	50	60	T
P 1	78	29	15	9	6	5	5ans
P 2	130	49	26	16	11	8	100ans
P 3	11	26	130	49	16	8	100ans
P 4	8	11	16	26	49	130	100ans

Hypothèses, modélisation et méthodologie de résolution proposées :

Hypothèses :

- Tout ce qui tombe à l'extérieur des toitures s'infiltré et est définitivement perdu pour le réseau. Le coefficient de ruissellement des surfaces imperméables est 1.
- Il n'y a pas de décalage temporel entre les contributions des différentes surfaces contributives (dû à temps de propagation dans les collecteurs secondaires).
- Le modèle de l'hydrogramme unitaire instantané à réservoir linéaire et le paramètre K utilisé dans OTTHYMO sont supposés adaptés ici (hauteur d'eau uniforme dans le réservoir de stockage).

- On peut, si nécessaire, contrôler le débit maximum à la sortie des toits (et le fixer à la valeur Q_{Tlim}) et/ou à la sortie du parking (et le fixer à la valeur Q_{Plim}).

Modélisation pour chacune des surfaces contributives:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial V(t)}{\partial t} = A.(p(t) - q(t)) \text{ avec } V(t) = Ah(t) \\ q(t) = \min(q_{lim}; q^*(t)) \text{ si le débit est contrôlé avec } q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{A} \text{ et } K = 6.98 \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{\alpha^{0.3} p_m^{0.4}} \\ q^*(t) = \frac{h(t)}{K} \text{ débit si la vidange était non contrôlée} \end{array} \right.$$

Dans le cas où le débit sortant n'est pas limité à un débit q_{lim} , l'intégration des équations de continuité et de stockage donne :

$$q_i = q_{i-1} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{K}} + p_i \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{K}}\right) \text{ et } h_i = K \cdot q_i$$

avec q_i et p_i : débit de vidange et intensité de la pluie nette (mm/mn) à l'instant $t_i = i \cdot \Delta t$

Méthodologie de résolution proposée :

Après avoir modélisé le système (sur une feuille de calcul d'un tableur), on pourra explorer de façon systématique l'ensemble des configurations possibles pour la régulation du système (parking + toitures) et en déduire l'ensemble \mathcal{E} des configurations acceptables au regard des différentes contraintes de dimensionnement du système. Une configuration possible de régulation du système est un couple de débits de régulation (Q_{Plim} , Q_{Tlim}). Une configuration de régulation acceptable est une configuration de régulation possible permettant de satisfaire aux différentes contraintes considérées.

Travail préliminaire à effectuer avant de répondre aux questions :

Pour la pluie de projet retenue,

- a. pour une situation sans stockage superficiel possible, déterminer les paramètres K de l'hydrogramme unitaire pour la transformation pluie-débits sur les toits K_T et sur le parking K_P ; puis l'hydrogramme à la sortie des toitures, du parking et dans le collecteur.
- b. pour une situation avec stockage superficiel possible,
 1. Choisir un débit de sortie limite pour la vidange des toitures Q_{Tlim} ,
 2. Déterminer le système d'équations décrivant la transformation pluie-débit de chaque zone de stockage (où $q_{lim} = Q_{Tlim}/4$):
 - ✓ Dans le cas où $h_i < q_{lim}/K$
 - ✓ Dans le cas où $h_i > q_{lim}/K$
 - ✓ Dans le cas où $h_i = q_{lim}/K$ et $P_i > q_{lim}$
 - ✓ Dans le cas où $h_i = q_{lim}/K$ et $P_i \leq q_{lim}$
 3. Ecrire le schéma de résolution explicite permettant de déterminer à partir de (h_i, q_i) les grandeurs (h_{i+1}, q_{i+1})
 4. déterminer l'hydrogramme laminé à la sortie de chaque toit et l'évolution du volume stocké sur le toit ;
 5. en déduire la hauteur maximale de l'eau stockée sur le toit pendant l'épisode et l'hydrogramme de crue dans le collecteur.
- c. Effectuer la même opération qu'en *b*, si besoin, avec le parking