

Exercice n° HA 0403

Construction d'un hydrogramme conceptuel de Nash et calage des paramètres n et t_p à partir d'un événement pluie nette – débit ruisselé

Avant propos

Un bassin versant de 300 km² fait l'objet de mesures de lutte contre les inondations. Votre bureau d'étude est mandaté pour faire l'étude hydrologique préliminaire qui consiste à établir un débit de projet afin de dimensionner les différents ouvrages hydrauliques. L'estimation de ce débit requiert la détermination d'une pluie de projet, d'une répartition temporelle de la pluie nette, ainsi que d'une fonction de transfert permettant de transformer la pluie nette en hydrogramme de ruissellement. Pour cette dernière, votre choix se porte sur l'hydrogramme conceptuel de Nash.

Objectifs de l'exercice :

- Construire l'Hydrogramme Unitaire Conceptuel (HUC) de Nash pour un bassin versant à partir des données de débit ruisselé.
- Construire l'hydrogramme résultant d'une pluie nette d'après la méthode de convolution avec l'HUC.
- Caler les paramètres de la fonction de transfert de Nash (HUC de Nash) à l'aide de différentes fonctions-critères (critère de Nash, somme des moindres carrés, ect.).

Questions

En utilisant la série d'observations concomitantes pluie nette – débit ruisselé *a priori* représentative du bassin étudié (Figure 1 et Tableau 1), on vous demande de répondre aux questions suivantes :

Question 1. Déterminer l'Hydrogramme Unitaire Conceptuel (HUC) de Nash correspondant à une pluie nette de 1 mm pour ce bassin. Pour cela :

- a) Etablir les équations du modèle de l'Hydrogramme Unitaire Conceptuel de Nash normé à 1 mm. Rappelons que celui-ci est entièrement caractérisé pour un bassin versant donné, par les valeurs prises pour les paramètres n (nombre de réservoir) et t_p (Temps de montée).
- b) Construire l'hydrogramme résultant de la pluie nette avec l'HUC de Nash.
- c) Ajuster « manuellement » les valeurs de n (nombre entier) et t_p en vous reposant sur le critère visuel (ajustement des courbes des débits observés et simulés).

Question 2. Proposer un / des critère(s) pour apprécier la qualité de l'ajustement des débits observés par ceux simulés.

Question 3. Déterminer l'intervalle de valeurs dans lequel le couple (n, t_p) reproduit de manière satisfaisante l'hydrogramme de crue observé (Prendre un n non entier).

Données de l'exercice :

L'exercice porte sur l'événement pluie nette/débit ruisselé enregistré au niveau d'un bassin versant de 300 km² (Tableau 1 et figure 1). Les données de cet exercice sont regroupées dans le fichier Excel « HA0403_enonce.xls ». Une feuille de calcul Excel à compléter est aussi disponible dans le fichier « HA0403_feuilledecacul.xls ».

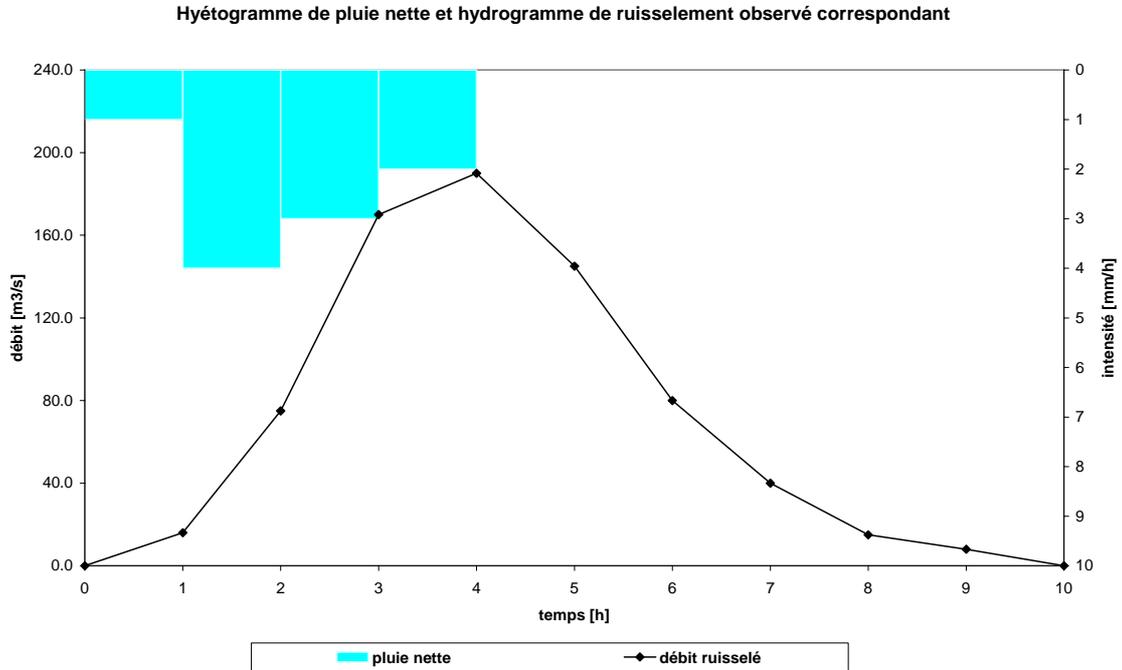


Figure 1. Evènement pluie nette-débit ruisselé observé pour le bassin versant de 300 km²

Tableau 1. Evènement pluie nette-débit ruisselé observé pour le bassin versant de 300 km²

temps [h]	Pluie nette [mm/h]	débit [m3/s]
0	1	0.0
1	4	16.0
2	3	75.0
3	2	170.0
4		190.0
5		145.0
6		80.0
7		40.0
8		15.0
9		8.0
10		0.0

Rappel 1 : fonction Gamma

Dans le cas où le nombre de réservoir n n'est pas un entier, la fonction Gamma peut être déterminée par la combinaison¹ des équations (2) et (3) et pour $1 < n < 4$:

$$\Gamma(n+x) = (n-1+x) \cdot (n-2+x) \cdot (n-3+x) \cdot \dots \cdot (1+x) \cdot \Gamma(1+x) \text{ avec } n \in \mathbb{N} \text{ et } x \in \mathbb{R} \quad (2)$$

$$\text{avec } \Gamma(x+1) = 1 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4 + a_5 \cdot x^5 \text{ pour } x \leq 1 \quad (3)$$

Avec

a_1 : -0.5748646	a_3 : -0.6998588	a_5 : -0.1010678
a_2 : 0.9512363	a_4 : 0.4245549	

Rappel 2: fonction-critères

Critère de Nash :

Il peut être utilisé pour déterminer l'écart quadratique moyen entre une courbe de référence ($Y_{réf}(x)$) et une courbe simulée ($Y_{mod}(x)$) qui se veut modéliser correctement la courbe de référence. Il est défini de la façon suivante lorsque les courbes sont définies en un nombre discret de points n (Nash et al 1970) :

$$Nash[Y(x)] = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n (Y_{mod}(x_k) - Y_{réf}(x_k))^2}{\sum_{k=1}^n (Y_{réf}(x_k) - \overline{Y_{réf}})^2}$$

- Si $Nash[Y(x)] = 1$: estimation de $Y_{réf}(x)$ parfaite avec $Y_{mod}(x)$,
- si $0 < Nash[Y(x)] < 1$: estimation de $Y_{réf}(x)$ meilleure avec $Y_{mod}(x)$, qu'avec $Y_{réf}$,
- $Nash[Y(x)] < 0$: estimation moins bonne.

Autres :

On présente ci-dessous quelques unes des autres fonction-critères utilisées en hydrologie :

Fonction-critère :	$\sum_t (Q_{obs}(t) - Q_{sim}(t))$	Avec :
		$Q_{obs}(t)$: débit observé au temps t , en [m^3/s]
Fonction-critère :	$\sum_t (Q_{obs}(t) - Q_{sim}(t))^2$	$Q_{sim}(t)$: débit simulé au temps t , en [m^3/s]
		$Q_{obs\ max}$: débit observé maximal, en [m^3/s]
Fonction-critère :	$ Q_{obs\ max} - Q_{sim\ max} $	$Q_{sim\ max}$: débit simulé maximal, en [m^3/s]

¹ : Handbook of mathematical functions, 1965, 8th edition, Dover Publications, Inc., New-York, pp. 256-263