

Exercice n° HA 0901

Application d'un modèle itératif simple en prévision des crues - le modèle PREVIK

Avant propos :

Le modèle PREVIK est un modèle itératif simple de prévision de crues qui consiste à estimer, à partir des données disponibles au temps t , la valeur du débit au temps $t + \Delta t$, avec Δt l'intervalle de temps entre deux calculs successifs. Pour l'estimation du débit au temps t , PREVIK utilise une fonction de production de type empirique, alors que sa fonction de transfert est une combinaison linéaire entre le débit et la pluie mesurés au pas de temps précédent (*voir rappels*).

Le modèle PREVIK, utilisé avec un pas de temps Δt de 6 heures, a été calibré pour le bassin de la Gartempe (France ; superficie de 1875 km²). Les paramètres suivants ont été validés :

$\alpha = 2.5$		$e = 0.85$	[-]
$\beta = 0.6$		$g = 0.15$	[-]
$a = b = 0.0125$	[1/mm]	$K = 0.96$	[-]
$d = 0$	[-]	$I_{MAX} = 60$	[mm]

Objectif de l'exercice

- Prévoir la valeur du débit au temps $t + \Delta t$ à partir des données disponibles au temps t à l'aide d'un modèle itératif simple de prévision de crues.

Questions :

D'après les données de pluies moyennes calculées pour le bassin versant de la Gartempe (quatre pluviographes télé-transmis permettent de calculer la pluie moyenne au pas de temps Δt de six heures), et présentées dans le tableau 1, on vous demande de répondre aux questions suivantes :

Question 1. Constituer les estimations des débits à l'aide du modèle PREVIK. Pour cela on vous demande d'établir un tableau regroupant l'indice de saturation du sol I , le coefficient d'écoulement rapide c , la pluie nette PN , et enfin le débit estimé $Q_{estimé}$. On prendra comme débit pour initialiser les calculs, la valeur du débit mesuré au temps $t = 0$. Comparez ensuite les résultats avec les débits qui ont été effectivement observés lors de cette crue (tableau 1).

Question 2. Alors qu'un débit de l'ordre de 100 m³/s est prévu au temps t , estimez les lames brutes précipitées qui pourrait provoquer un alerte au débordement au temps $t+6$, 12 et 18 heures (on considérera un coefficient d'écoulement rapide moyen c de 0.5). La cote d'alerte publique (débordement) est de 2.7 m, ce qui correspond à 220 m³/s sur la courbe de tarage.

Données de l'exercice

L'exercice porte sur le bassin de la Gartempe (1875 km²) pour lequel le modèle PREVIK a été calibré avec un pas de temps Δt de 6 heures. Les données de pluies brutes sur le bassin au pas de temps de 6 heures, nécessaires à la réalisation de cet exercice, se trouvent dans le tableau 1. Ces données sont aussi regroupées dans le fichier Excel « HA0901_enonce.xls » ou dans le fichier « HA0901_feuillecalcul.xls » à compléter.

Tableau 1. Pluies moyennes au pas de temps de six heures calculées à partir de quatre pluviographes pour le bassin de Gartempe – Débits observés à l'exutoire

intervalle de temps [h]	pas de temps	pluie brute [mm/Δt]	débit observé [m ³ /s]	intervalle de temps [h]	pas de temps i	Pluie brute [mm/Δt]	débit observé [m ³ /s]
	0	0.0	82				
0 - 6	1	1.5	85	60 - 66	11	0.0	280
6 - 12	2	2.5	90	66 - 72	12	0.0	240
12 - 18	3	3.0	100	72 - 78	13	0.0	205
18 - 24	4	4.4	110	78 - 84	14	0.0	180
24 - 30	5	12.0	168	84 - 90	15	0.0	155
30 - 36	6	13.6	282	96 - 102	16	0.0	130
36 - 42	7	19.3	373	102 - 108	17	0.0	108
42 - 48	8	8.0	422	108 - 114	18	0.0	90
48 - 54	9	1.4	380	114 - 120	19	0.0	80
54 - 60	10	0.0	330	120 - 126	20	0.0	69

Rappel 1 : Fonction de production de Previk

A chaque pas de temps la pluie nette est estimée par:

$$PN_i = c_i \cdot P_i \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_i: \text{lame brute précipitée entre } i-1 \text{ et } i \\ PN_i: \text{lame nette précipitée entre } i-1 \text{ et } i \\ c_i: \text{coefficient d'écoulement rapide moyen du pas de temps } i \end{array} \right.$$

Le paramètre c_i est fonction de caractéristiques constantes, comme certaines propriétés physiques du sol, mais également fonction des conditions variables d'humidité du sol. Il est calculé au début du pas de temps i en fonction de l'indice de saturation du sol I_i du pas de temps correspondant.

1. Initialisation des calculs (pas de temps $i = 1$) : au début de chaque événement pluvieux, l'indice de saturation du sol est estimé par rapport au débit de base Q_0 à l'aide de la formule suivante : $I_1 = \alpha \cdot Q_0^\beta$ (avec I_1 en mm et Q_0 en m³/s). Cette formule n'est en générale valable que pour des débits issus majoritairement d'un processus de tarissement. Pour ce premier pas de temps, c_1 est une simple fonction linéaire de l'indice de saturation du sol: $c_1 = a \cdot I_1$ (avec a en mm⁻¹), soit $PN_1 = a \cdot \alpha \cdot Q_0^\beta \cdot P_1$.

2. Pour les pas de temps suivants on calcule la relation, en générale linéaire, entre c_i et I_i , à partir d'un échantillon de crues ce qui permet d'aboutir à la formule : $c_i = b \cdot I_i + d$. Quant à l'évolution de l'indice de saturation du sol I_i , elle est exprimée à partir du pas de temps précédent:

$$I_i = K \cdot (I_{i-1} + P_{i-1}) \quad \left\{ \begin{array}{l} K \text{ est inférieur à } 1.0 \text{ et est lié au pas de temps choisi.} \\ I_i \text{ évolue entre } 10 \text{ et } 100, \text{ et peut être borné par le paramètre } I_{MAX}. \end{array} \right.$$

Les paramètres α , β , a , b , d , K et I_{MAX} sont à caler. Cette opération s'effectue en comparant les volumes de pluie et de crue de l'échantillon de calibration pour différents jeux de valeurs de paramètres. Cette étape de calibration a déjà été réalisée (les valeurs obtenues sont présentées dans l'avant propos).

Rappel 2 : Fonction de transfert de Previk

Cette fonction est une simple combinaison linéaire telle que :

$$Q_{i+1} = e \cdot Q_i + f \cdot g \cdot PN_i \quad \left\{ \begin{array}{l} e, g: \text{paramètres à caler} \\ f: \text{paramètre permettant de passer de la pluie, en mm/Δt, au débit en m}^3/\text{s} \end{array} \right.$$