

Exercice n° HA 1002

Estimation des paramètres d'un modèle degré-jour de fonte de neige.

Avant propos

Pour un bassin versant de montagne, on souhaite simuler l'accumulation et la fonte de la neige en continu sur une période de 33 ans. Les précipitations, leur nature et les températures ont été mesurées à une station météorologique située dans le bassin versant à une altitude z (Table 1). La hauteur du manteau neigeux est mesurée à la même station.

L'étude porte sur une simulation ponctuelle, à l'emplacement de la station. La variabilité spatiale des précipitations n'est pas considérée. La simulation de l'évolution temporelle de l'équivalent en eau de la couche de neige est simulée au pas de temps journalier à l'aide d'un modèle conceptuel. Le stock de neige est assimilé à un réservoir alimenté par les précipitations solides et produisant des débits de fonte si les conditions le permettent.

Pour un pas de temps t donné, on fait les hypothèses suivantes :

- la proportion des précipitations totales tombant sous forme de pluie dépend, en première approximation, de la température journalière moyenne estimée à la station $T(z,t)$. L'estimation de la quantité de précipitations liquides se fait alors suivant la fonction de répartition suivante :

$$\text{Si } T(z,t) \leq T_{c1} \quad \text{alors} \quad \text{Pluie}(z,t) = 0 \quad (1)$$

$$\text{Si } T_{c1} < T(z,t) \leq T_{c2} \quad \text{alors} \quad \text{Pluie}(z,t) = P(z,t) \cdot \frac{T(z,t) - T_{c1}}{T_{c2} - T_{c1}} \quad (2)$$

$$\text{Si } T_{c2} < T(z,t) \quad \text{alors} \quad \text{Pluie}(z,t) = P(z,t) \quad (3)$$

où $P(z,t)$ est la hauteur précipitée totale, $\text{Pluie}(z,t)$ est la hauteur précipitée sous forme liquide (pluie) au point d'altitude z , et T_{c1} et T_{c2} sont deux températures critiques (paramètres du modèle). Pour une température inférieure à T_{c1} , toute la précipitation est solide. Pour une température supérieure à T_{c2} , toute la précipitation est liquide. La répartition pluie/neige est linéaire entre T_{c1} et T_{c2} (valeurs de T_{c1} et T_{c2} données dans la Table 1).

Les précipitations tombant sous forme de neige au temps t , $N(z,t)$, sont simplement :
 $N(z,t) = P(z,t) - \text{Pluie}(z,t)$.

- la hauteur de fonte de la couche de neige est estimée par la méthode degré-jour :

$$\text{fonte} = a_n \cdot (T(t) - T_{cN}) \quad (4)$$

où a_n est le paramètre de fonte caractérisant la fonte en mm par degré (°C) et par jour, T_{cN} est la température critique de fonte de la neige.

Objectif de l'exercice :

Optimiser les paramètres du modèle de simulation pour reproduire au mieux le stock de neige observé.

Critères d'évaluation

La qualification des simulations se fait principalement en comparant les hauteurs d'équivalent en eau simulées et celles observées. Celles observées sont estimées sur la base des hauteurs de neige et des densités mensuelles moyennes mesurées (Table2). Le premier critère d'évaluation considéré est le critère de Nash calculés entre les valeurs des séries correspondantes.

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n (Y_{sim}(t_k) - Y_{obs}(t_k))^2}{\sum_{k=1}^n (Y_{obs}(t_k) - \overline{Y_{obs}})^2} \quad (5)$$

où $Y_{obs}(t)$: valeur observée au temps t , $Y_{sim}(t)$: valeur simulée au temps t .

D'autres critères d'évaluation peuvent être calculés par comparaison des séries binaires déduites des séries de hauteur et indiquant la présence ou l'absence de stock de neige au temps t . Une série binaire est produite sur ce principe pour les hauteurs observées et une pour les hauteurs simulées.

- $C1$: somme d'une série binaire où 1 est attribué aux pas de temps présentant un stock mesuré mais non simulé. Un score élevé est alors représentatif d'une fonte trop rapide.
- $C2$: somme d'une série binaire où 1 est attribué aux pas de temps présentant un stock simulé mais non observé. Un score élevé est alors représentatif d'une fonte trop lente.
- $C0$: somme d'une série binaire où 1 est attribué aux pas de temps présentant un stock simulé et observé cohérent (ex. présence observée ET simulée). Un score élevé relate une bonne correspondance entre les séries binaires simulées et observées. Seul $C0$ est utilisé par la suite.

Questions :

Question 1. En considérant $T_{cN}=0^{\circ}\text{C}$:

- a. Quelle est la valeur optimale de a_n d'après le critère de Nash ?
- b. Quelle est la valeur optimale de a_n d'après le critère $C0$?
- c. Comparez et commentez.

Question 2. En considérant T_{cN} et a_n variables :

- a. Quelle est l'influence de T_{cN} ?
- b. Quelle est l'influence de a_n ?
- c. Commentez la surface de réponse des deux paramètres.

Données de l'exercice

Table 1 : Paramètres du problème

Variable	Notation	Valeur	Unité
Gradient altimétrique des températures	∇T	1°C / 170m	
Température critique inférieure de séparation pluie neige	T_{c1}	0	°C
Température critique supérieure de séparation pluie neige	T_{c2}	2	°C
Altitude de la station météorologique	Z_0	1320	m
Nom de la station météorologique		Grimsel	

Table 2 : Densité mensuelle moyenne observée

Janv	Fev	Mars	Avril	Nov	Dec
0.26	0.3	0.35	0.36	0.16	0.21

Une feuille de calcul à compléter est disponible dans le fichier «HA1002_feuillecalcul.xls».