

Exercice n° HA 1004

Influence de la discrétisation altitudinale d'un bassin versant de montagne sur l'estimation de la fonte. Approche globale et distribuée.

Avant propos :

Pour un bassin versant de montagne (caractéristiques données dans les Table 1 et Table 2), on souhaite déterminer l'évolution temporelle des débits de fonte résultant de l'événement météorologique décrit à pas de temps journalier dans la Table 3. Les précipitations et températures ont été mesurées à une station météorologique située dans le bassin versant à une altitude correspondant à l'altitude médiane du bassin (z_{Stat}). On se propose d'estimer l'évolution temporelle des débits de fonte par deux méthodes et de comparer les résultats obtenus :

- **Méthode 1 (ou modèle global) :** on considère ici le bassin dans sa globalité et on suppose que la variabilité spatiale des processus hydrologiques est négligeable (hypothèse d'homogénéité). Pour chaque pas de temps, on fait donc l'hypothèse, très approximative, que la fonte est la même en tout point du bassin versant. On suppose par ailleurs que l'équivalent en eau résultant de cette fonte $Mn(z,t)$ peut être estimé, pour un pas de temps donné, avec la méthode du degré-jour (équation (2)) sur la base de la seule température mesurée à l'altitude médiane du bassin versant ($T(Z_{Stat},t)$). En d'autres termes, quelque soit l'altitude z considérée on suppose au temps t que : $M_n(z,t) = M_n(Z_{Stat},t)$
- **Méthode 2 (ou modèle distribué) :** pour chaque pas de temps, on suppose que la fonte varie d'un point du bassin à un autre. On considère que cette variabilité est essentiellement due à la variation altimétrique des températures. On choisit alors de découper le bassin versant en 6 bandes d'altitudes (caractéristiques dans la Table 2). On suppose ensuite que l'équivalent en eau résultant de cette fonte et provenant d'une bande Bx donnée peut être estimée, pour un pas de temps donné, avec la méthode du degré-jour (équation (2)) sur la base de la seule température $T(Z_{Bx},t)$ estimée pour l'altitude médiane de cette bande Z_{Bx} . En d'autres termes, pour les différentes altitudes comprises au sein de la plage d'altitude $[Z_{min,Bx}, Z_{max,Bx}]$ couverte par la bande Bx , on suppose : $M_n(z,t) = M_n(Z_{Bx},t)$

Objectif de l'exercice :

Comparer les estimations de l'équivalent en eau résultant de la fonte du manteau neigeux obtenues respectivement avec l'approche globale et l'approche distribuée.

Questions :

Question 1. Estimer la fonte par la méthode globale.

- déterminer, pour chaque pas de temps, l'équivalent en eau résultant de la fonte du manteau neigeux au niveau de la station météorologique
- en déduire, pour la méthode globale, l'équivalent en eau résultant de la fonte du manteau neigeux provenant du bassin versant. En déduire aussi le volume de fonte total provenant du bassin pour tout l'événement.

Question 2. Estimer la fonte par la méthode distribuée.

- Pour chaque bande d'altitude Bx , et pour chaque pas de temps :

- estimer la température $T(Z_{Bx}, t)$ correspondant à l'altitude médiane Z_{Bx} de la bande
 - déterminer l'équivalent en eau résultant de la fonte du manteau neigeux à l'altitude médiane de la bande et par suite sur toute la bande
- b. Pour l'ensemble du bassin versant et pour chaque pas de temps :
- en considérant les surfaces respectives des différentes bandes, estimer, pour chaque pas de temps, l'équivalent en eau résultant de la fonte du manteau neigeux provenant de l'ensemble du bassin
 - en déduire, pour la méthode distribuée, l'évolution temporelle des volumes de fonte provenant de tout le bassin versant. En déduire aussi le volume de fonte total provenant du bassin pour tout l'événement.

Question 3. Comparer et commenter les résultats. Suggestions.

Hypothèses

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

- Le manteau neigeux couvre tout le bassin versant. Quelque soit le point du bassin et le moment considérés, il y a suffisamment de neige pour ne pas limiter le volume de fonte qui peut être produit du fait des sollicitations météorologiques du moment.
- Les précipitations totales sont uniformes sur l'ensemble du bassin. En tout point du bassin d'altitude z , la précipitation totale ($P(z, t) = \text{pluie} + \text{neige}$) est égale à la précipitation totale mesurée à la station météorologique $P(z_{Stat}, t)$. Elles sont nulles pour la période considérée.
- Pour un pas de temps donné, la température est une fonction linéaire décroissante de l'altitude. La température de l'air $T(z, t)$ correspondant à une altitude z donnée peut être estimée sur la base de la température de l'air mesurée à la station météorologique $T(z_{Stat}, t)$ en utilisant le gradient altimétrique des températures correspondant au pas de temps considéré. Ce gradient est supposé constant pour tout l'événement météorologique (gradient ∇T - Table 1).

$$T(z, t) = T(z_{Stat}, t) + \nabla T \cdot (z - z_{Stat}) \quad (1)$$

- Dans sa version de base, l'équation de fonte de la méthode degré-jour s'écrit :

$$M_n(t) = \begin{cases} a_n (T_a(t) - T_0) & \text{si } T_a > 0^\circ\text{C} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2)$$

où $M_n(t)$ [mm éq. eau/jour] est la fonte sur le pas de temps t (un jour) ; $T_a(t)$ [$^\circ\text{C}$] est la température moyenne de l'air pendant le pas de temps t à l'altitude considérée (température observée ou estimée) ; T_0 [$^\circ\text{C}$] est la température limite de fonte et a_n [mm/ $^\circ\text{C}$ /jour] le facteur de fonte souvent dénommé facteur degré-jour. T_0 et a_n sont deux paramètres.

Données de l'exercice

Les données de l'exercice sont données ci-dessous

Table 1 : Paramètres du problème

Variable	Notation	Valeur	Unité
Gradient altimétrique des températures	∇T	-0.6	$^\circ\text{C}/100\text{m}$
Température limite de fonte	T_0	0	$^\circ\text{C}$
Facteur de fonte	a_n	5	mm/ $^\circ\text{C}$ /jour
Altitude de la Station météorologique = Altitude Médiane du bassin	Z_{Stat}	1812.5	m
Surface totale du bassin	A	120	km ²

Table 2 : Caractéristiques altimétriques du bassin versant et des différentes bandes d'altitude considérées. La surface cumulée définit la courbe hypsométrique du bassin (voir figure Figure 1)

	Altitude Minimum	Altitude Maximum	Altitude Médiane	Surface Bande	Altitude Maximum	Surface Cumulée
Bande d'altitude	Z_{\min} [m]	Z_{\max} [m]	Z_{Bx} [m]	A_{Bx} [km ²]	Z_{\max} [m]	A_{CUM} [%]
Bande 1	500	1000	750	20	1000	0.167
Bande 2	1000	1500	1250	20	1500	0.333
Bande 3	1500	2000	1750	20	2000	0.5
Bande 4	2000	2250	2125	20	2250	0.667
Bande 5	2250	2500	2375	20	2500	0.833
Bande 6	2500	2750	2625	20	2750	1
Bassin Complet	500	2750	1812.5	120		

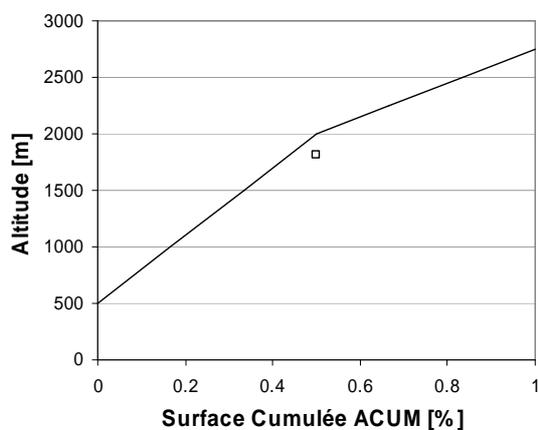


Figure 1 : Courbe hypsométrique du bassin

Table 3 : Evolution temporelle de la précipitation totale et de la température de l'air à l'altitude médiane Z_{Stat} du bassin.

Jour	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
T_a [°C]	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8
P [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0