

Exercice n° HA 1003

Influence de la discrétisation altitudinale d'un bassin versant de montagne sur l'estimation de la proportion de précipitations liquides

Avant propos :

Pour un bassin versant de montagne (caractéristiques données dans les Table 1 et Table 2), on souhaite déterminer le hyétogramme des précipitations liquides résultant de l'événement météorologique décrit à pas de temps horaire 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 le hyétogramme des précipitations liquides 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 quantité de précipitations tombant sous forme liquide est la même en tout point du bassin versant. On suppose par ailleurs que cette quantité de précipitations liquides $Pluie(z,t)$ peut être estimée, pour un pas de temps donné, avec les équations (1), (2) ou (3) 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: $Pluie(z,t) = Pluie(Z_{Stat},t)$
- **Méthode 2 (ou modèle distribué) :** pour chaque pas de temps, on suppose que la quantité de précipitations liquides 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 la quantité de précipitations liquides tombant sur une bande B_x donnée peut être estimée, pour un pas de temps donné, avec les équations (1), (2) ou (3) sur la base de la seule température $T(Z_{B_x},t)$ estimée pour l'altitude médiane de cette bande Z_{B_x} . En d'autres termes, pour les différentes altitudes comprises au sein de la plage d'altitude $[Z_{min,B_x}, Z_{max,B_x}]$ couverte par la bande B_x , on suppose : $Pluie(z,t) = Pluie(Z_{B_x},t)$

Objectif de l'exercice :

Comparer les estimations de la proportion de précipitations tombant sous forme liquide obtenues respectivement avec l'approche globale et l'approche distribuée.

Questions :

Question 1. Estimer le hyétogramme de pluie nette par la méthode globale.

- a. déterminer, pour chaque pas de temps, la quantité (en mm) et la proportion (en %) de précipitations tombant sous forme liquide au niveau de la station météorologique
- b. en déduire, pour la méthode globale, le hyétogramme des précipitations liquides affectant le bassin versant. En déduire aussi la hauteur de pluie affectant le bassin sur tout l'événement.

Question 2. Estimer le hyétogramme de pluie nette par la méthode distribuée.

- a. Pour chaque bande d'altitude B_x , et pour chaque pas de temps :

- estimer la température $T(Z_{Bx},t)$ correspondant à l'altitude médiane Z_{Bx} de la bande
 - déterminer la quantité (en mm) et la proportion (en %) de précipitations tombant sous forme liquide à l'altitude médiane de la bande et par suite sur toute la bande
- b. Pour l'ensemble du bassin versant :
- en considérant les surfaces respectives des différentes bandes, estimer, pour chaque pas de temps, la lame d'eau liquide moyenne (en mm) affectant l'ensemble du bassin
 - en déduire, pour la méthode distribuée, le hyétoگرامme des précipitations liquides affectant le bassin versant. En déduire aussi la hauteur de pluie affectant le bassin sur tout l'événement.

Question 3. Comparer et commenter les résultats

Hypothèses

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

- 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 $P(z_{Stat},t)$:

$$P(z,t) = P(z_{Stat},t)$$

- Pour un pas de temps donné, la température est une fonction linéaire décroissante de l'altitude. La température horaire $T(z,t)$ correspondant à une altitude z donnée peut être estimée sur la base de la température mesurée à la station météorologique $T(z_{Stat},t)$ en utilisant le gradient altimétrique des températures correspondant à l'événement météorologique considéré (gradient ∇T donné dans la Table 1).

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

- Pour un point M quelconque du bassin versant d'altitude z , la proportion des précipitations totales tombant sous forme de pluie dépend, en première approximation, de la température horaire $T(z,t)$ correspondant à cette altitude z . L'estimation de la quantité de précipitations liquides tombant au point **M** 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 , $T(z,t)$ est la température au pas de temps t estimée 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).

Remarque : L'estimation de la quantité des précipitations totales tombant au point M sous forme de neige $N(z,t)$ peut se déduire simplement par l'équation suivante : $N(z,t) = P(z,t) - \text{Pluie}(z,t)$.

Données de l'exercice

Table 1 : Paramètres du problème

Variable	Notation	Valeur	Unité
Gradient altimétrique des températures	∇T	-0.6	°C/100m
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 = 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		

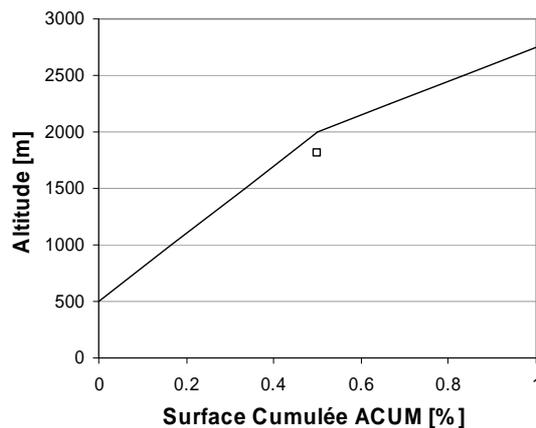


Figure 1 : Courbe hypsométrique du bassin

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

	Précipitation totale	Température à l'altitude Z_{Stat}
Heure	[mm]	[°C]
12h00	12	2
13h00	8	1
14h00	16	0
15h00	0	-1
16h00	0	-1
Total	36	

Une feuille de calcul à compléter est disponible dans le fichier «HA1003_feuillecalcul.xls».