

Exercice n° HA 1003 - Corrigé

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

Données de l'exercice

Les données sont regroupées dans une feuille de calcul à compléter qui est disponible dans le fichier Excel « HA1003_feuillecalcul.xls ». Les résultats sont aussi disponibles dans le fichier Excel « HA1003_corrige ».

Question 1. Estimation du hyétogramme de pluie nette par la méthode globale.

⊙ Méthode à appliquer : Approche globale

Pour le bassin versant décrit, on souhaite déterminer le hyétogramme des précipitations liquides résultant d'un événement météorologique défini. La plage d'altitude couverte par le bassin versant est grande (2250m). Par suite, la différence de températures entre les points bas (resp. les points hauts) de ce bassin et le point d'altitude médian peut être non négligeable (elle est pour un gradient de température moyen $(-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m})$ d'environ $+6.25^{\circ}\text{C}$ (resp. -6.25°C). On peut donc au sein du bassin versant avoir simultanément des précipitations de différentes natures. La méthode à appliquer (méthode globale) pour estimer la précipitation liquide est décrite dans l'énoncé.

On fait l'hypothèse forte que la variabilité spatiale des processus hydrologiques est négligeable et que l'on peut considérer le bassin dans sa globalité. 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, 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 : $Pluie(z,t) = Pluie(Z_{Stat},t)$.

⊙ Démarche :

Étape 1 : Détermination de la nature des précipitations à l'aide de la fonction de répartition.

- Aucun calcul préalable requis, puisque la station se situe à l'altitude médiane du bassin.
- Estimation de la proportion de pluie tombée sur le bassin versant par la fonction de répartition (Equations 1, 2 et 3).
- En multipliant la proportion de pluie aux précipitations totales observées à la station, pour chaque pas de temps, il en résulte le volume horaire de pluie.

⊙ Résultats – modèle global :

a) Quantité (en mm) et proportion (en %) de précipitations tombant sous forme liquide au niveau de la station météorologique et par suite du bassin versant :

Heure	Données météo		Modèle global	
	Précip tot	Temp Méd	Proportion précip. liquide	Pluie
	[mm]	[°C]	[%]	[mm]
12h00	12	2	100	12
13h00	8	1	50	4
14h00	16	0	0	0
15h00	0	-1	-	0
16h00	0	-1	-	0
Total	36			16.00

b) Hauteur de pluie affectant le bassin sur tout l'événement : 16 mm.

Question 2. Estimation du hyétogramme de pluie nette par la méth. distribuée

⊙ Méthode à appliquer : Approche discrétisée

Contrairement à l'hypothèse forte d'homogénéité spatiale retenue dans l'approche globale, on suppose ici 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 bandes d'altitudes. 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, 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 : $Pluie(z, t) = Pluie(Z_{B_x}, t)$

⊙ Démarche :

Étape 1 : Détermination de la température à chaque bande d'altitude.

- Calcul de la température à l'altitude médiane de chaque bande par l'application du gradient altimétrique aux températures de la station de mesure.

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

Étape 2 : Détermination de la nature des précipitations à l'aide de la fonction de répartition, pour chaque bande d'altitude.

- Estimation de la proportion de pluie tombée sur la bande d'altitude par la fonction de répartition (Equations 1, 2 et 3) en se référant à la température de la bande.
- En multipliant, pour chaque pas de temps, la proportion de pluie aux précipitations totales observées à la station, ainsi qu'à la surface de la bande il en résulte un volume horaire de pluie.

Étape 3 : Calcul de la pluie horaire sur tout le bassin versant.

- Les volumes préalablement calculés peuvent être additionnés, puis le total divisé par la surface du bassin, afin d'obtenir la lame de précipitations liquides.
- La proportion des précipitations liquides est alors simplement le rapport de cette lame sur le volume des précipitations totales pour le même pas de temps.

⊙ Résultats – modèle discrétisé :

a) Températures et volumes de pluie pour chaque bande d'altitude, et pour chaque pas de temps.

Bande	12h00			13h00			14h00			15h00 & 16h00		
	Temp méd	Prop Pluie	Volume pluie	Temp méd	Prop Pluie	Volume pluie	Temp méd	Prop Pluie	Volume pluie	Temp méd	Prop Pluie	Volume pluie
	[°C]	[%]	[mm*km2]	[°C]	[%]	[mm*km2]	[°C]	[%]	[mm*km2]	[°C]	[%]	[mm*km2]
B1	8.375	100	240	7.375	100	160	6.375	100	320	5.375	100	0
B2	5.375	100	240	4.375	100	160	3.375	100	320	2.375	100	0
B3	2.375	100	240	1.375	69	110	0.375	19	60	-0.63	0	0
B4	0.125	6	15	-0.88	0	0	-1.88	0	0	-2.88	0	0
B5	-1.38	-	0	-2.38	-	0	-3.38	-	0	-4.38	-	0
B6	-2.88	-	0	-3.88	-	0	-4.88	-	0	-5.88	-	0

b) Quantité (en mm) et proportion (en %) de précipitations tombant sous forme liquide sur l'ensemble du bassin versant :

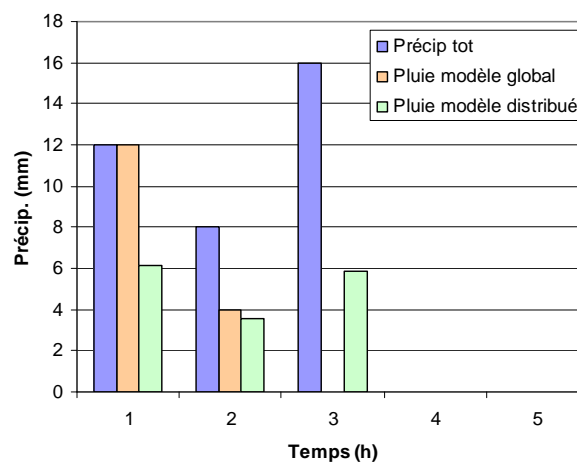
Heure	Données météo		Modèle distribué	
	Précip tot	Temp Méd	Proportion précip. liquide	Pluie
	[mm]	[°C]	[%]	[mm]
12h00	12	2	51	6.13
13h00	8	1	45	3.58
14h00	16	0	36	5.83
15h00	0	-1	-	0.00
16h00	0	-1	-	0.00
Total	36			15.54

Hauteur de pluie affectant le bassin sur tout l'événement : 15.54 mm.

Question 3. Comparaison des résultats.

⊙ Résultats - comparaison :

Les résultats des deux modèles sont très proches en ce qui concerne la hauteur de pluie totale affectant le bassin sur tout l'événement. Pourtant, la représentation de ces pluies dans un hyétoگرامme révèle que cette quasi-similitude n'est qu'une coïncidence, puisque leurs répartitions temporelles diffèrent largement :

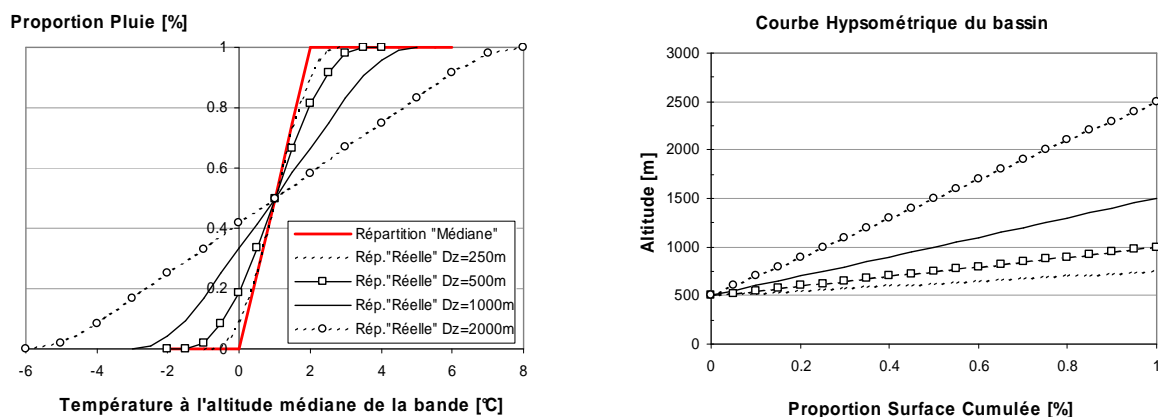


Le modèle global, moins précis, puisque moins représentatif de la réalité, surestime fortement les volumes liquides au début de l'événement et les sous-estime fortement à la fin. On remarquera aussi que la répartition pluie/neige estimée par le modèle global est très sensible à une variation de la température dans la plage critique (on passe de 100% de pluie à 100% de neige pour 2°C de différence de température). La répartition réelle, estimée ici par le biais du modèle distribué, est en revanche nettement moins sensible à une variation de température. Ceci est du à la large gamme d'altitudes couverte par le bassin versant.

Les erreurs obtenues avec le modèle global sont en fait exacerbées lorsque la température à l'altitude médiane du bassin versant se situe dans ou à proximité de la plage de température de transition entre les précipitations liquides et solides. Il est facile de montrer que les erreurs obtenues pour les températures considérées dans cet exercice tendent à s'estomper lorsque température à l'altitude médiane du bassin s'écarte de l'intervalle critique de températures.

⊙ Remarques supplémentaires :

La différence obtenue entre la proportion des précipitations estimée avec le modèle global et celle estimée avec le modèle distribué dépend donc de la température $T(Z_{Stat})$ à l'altitude médiane Z_{Stat} du bassin ainsi que des caractéristiques hypsométriques du bassin. Ceci est illustré par l'analyse complémentaire ci-dessous. L'analyse a été faite pour 4 bassins d'altitudes fictives couvrant respectivement une plage d'altitude de 250m, 500m, 1000m et 2000m. Pour chaque cas, la fonction de répartition des surfaces du bassin est supposée être, pour simplifier, une fonction linéaire de l'altitude. Les résultats de cette analyse et les courbes hypsométriques sont donnés dans les figures suivantes.



a) différences de répartition pluie neige entre le modèle global « Répartition Médiane » et le modèle distribué « Répartition Réelle » pour les 4 bassins d'altitude considérés

b) courbes hypsométriques des 4 bassins fictifs considérés. Les plages d'altitudes couvertes sont respectivement 250m, 500m, 1000m, 2000m.

Commentaires: Avec le modèle global, toutes les précipitations sont sensées tomber sous forme solide (respectivement sous forme liquide) pour une température à l'altitude médiane du bassin $T(Z_{Stat})=0^{\circ}\text{C}$ (respectivement 2°C). Pour un bassin couvrant une gamme d'altitudes de 250m, 10% des précipitations tombent en fait sous forme liquide (resp. sous forme solide) lorsque $T(Z_{Stat})=0^{\circ}\text{C}$ (resp. lorsque $T(Z_{Stat})=2^{\circ}\text{C}$). Plus le bassin couvre une plage d'altitude importante, plus les erreurs sur l'estimation de la proportion de précipitations liquides sont potentiellement grandes. Les répartitions précédentes sont respectivement de 20%, 33% et 40% pour des bassins couvrant des gammes d'altitudes de 500m, 1000m, respectivement 2000m. En d'autres termes, si le bassin couvre une plage de 1000m de dénivelée, le modèle global ne prévoit aucune précipitation liquide si $T(Z_{Stat})=0^{\circ}\text{C}$ alors qu'un tiers des précipitations tombent en réalité sous forme liquide.

On remarquera pour finir que les problèmes identifiés ci-dessus, liés à une représentation globale du bassin, seraient accentués si l'on avait considéré un modèle de répartition pluie/neige binaire (avec toutes les précipitations tombant sous forme de pluie si $T > T_{c0}$ et toutes les précipitations tombant sous forme de neige si $T < T_{c0}$ où T_{c0} est l'unique température de transition).