

Exercice n° HA 0405 - Corrigé

Construction d'un Hydrogramme Unitaire Normé à partir d'un événement pluie –débit – Application à un bassin versant de 4 km²

Données de l'exercice :

L'exercice porte sur l'événement pluie/débit enregistré au niveau d'un bassin versant de 4 km². Les données de cet exercice sont regroupées dans le fichier Excel « HA0405_enonce.xls ». Des feuilles de calcul Excel à compléter sont disponibles dans le fichier « HA0405_feuillecalcul.xls ». Le corrigé de l'exercice se trouve également dans un document Excel « HA0405_corrige.xls ».

Question 1. Détermination de l'Hydrogramme Unitaire Normé

L'Hydrogramme Unitaire Normé est l'une des fonctions de transfert permettant de calculer l'hydrogramme de ruissellement généré par une pluie nette « réelle » ou hypothétique.

© Méthode à appliquer : Identification l'Hydrogramme Unitaire Normé (HUN) d'un bassin versant

L'hydrogramme unitaire (HU) d'un bassin versant est l'hydrogramme de ruissellement direct résultant d'une pluie nette, uniforme et constante, d'une durée de référence (D), suffisamment longue pour générer un écoulement sur l'ensemble du bassin. **L'Hydrogramme Unitaire Normé¹** à 1 mm (HUN) est l'hydrogramme de ruissellement direct résultant d'une pluie nette de 1 mm (i.e de volume ruisselé = 1 mm).

L'hydrogramme unitaire normé du bassin est déterminé à partir des données Pluie-Débit (P, Q) d'un évènement pluvieux particulier. Cette averse doit avoir provoqué une crue généralisée sur le bassin versant, et présenter une répartition spatiale homogène sur le bassin. Afin de satisfaire l'hypothèse de base de la théorie de l'HU (à savoir, la pluie nette est constante dans le temps sur une durée donnée), l'averse étudiée doit avoir un corps central bien marqué de façon à ce que le hydrogramme de pluie nette soit essentiellement concentré sur une durée courte ou sur un petit nombre de pas de temps.

Ensuite, l'Hydrogramme Unitaire Normé est obtenue à la suite des différentes étapes de calcul suivantes :

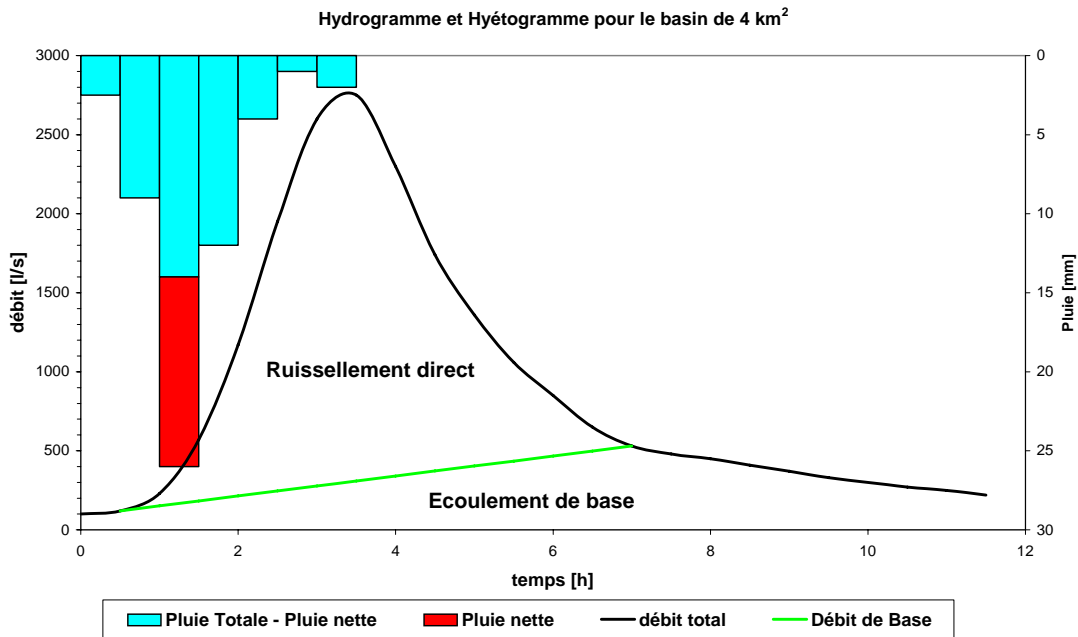
- Séparation du ruissellement direct de l'écoulement de base par la méthode graphique (basée sur une représentation logarithmique de la décroissance du débit en fonction du temps) et calcul du volume de ruissellement direct.
- Estimation de la lame d'eau ruisselée (Lr = volume généré par l'écoulement rapide divisé par la surface du bassin versant).
- Calcul des ordonnées de l'Hydrogramme Unitaire en faisant la soustraction entre les ordonnées de l'écoulement total et de l'écoulement de base estimé.
- Calculer, pour chaque pas de temps, les ordonnées de L'Hydrogramme Unitaire Normé à 1 mm, en le multipliant par le rapport $1/Lr$:
- Détermination de la durée de référence (D) de l'averse unitaire : elle correspond à la durée du hydrogramme de pluie nette observée. La méthode de l'indice ϕ peut être utilisée afin d'établir la répartition de la pluie nette.

¹ La norme peut être différente de 1 mm. Par exemple, on pourrait avoir un HUN normé à 10 mm.

⊙ Démarche et résultats :

Etape 1 : Séparation de l'écoulement de surface et de l'écoulement de base. Le calcul du volume généré par l'écoulement direct pour cet événement donne environ 24 000 m³.

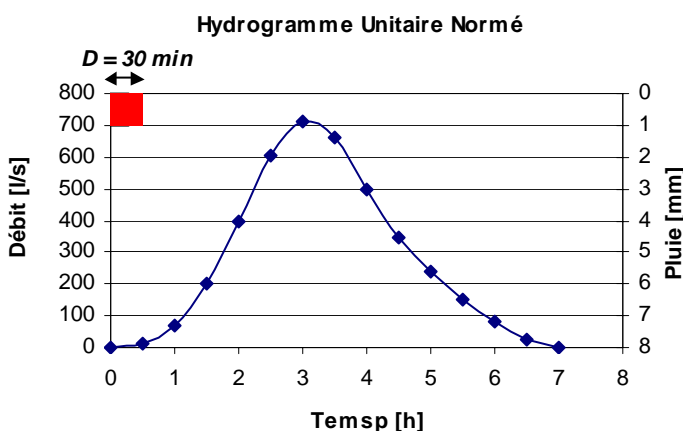
Etape 2 : Le calcul de la lame nette ruisselée L_R (qui est équivalente à la lame nette précipitée) est obtenue en faisant le rapport entre le volume ruisselé et la surface du bassin versant (4 km²) ; elle est d'environ 6 mm.



Etape 3. Calcul des ordonnées de l'Hydrogramme Unitaire pour des pas de temps de 30 min.

Etape 4. Calcul de l'H.U.N. normé à 1mm en multipliant l'H.U. obtenu au point précédent par l'inverse de la lame ruisselée L_R .

Etape 5. Calcul de la durée du hyétogramme de pluie nette observée par la méthode de l'indice ϕ : connaissant la lame ruisselée, on peut facilement trouver par itérations successives la valeur de l'intensité pluviométrique limite au-delà de laquelle toute la lame précipitée participe au ruissellement (i.e. vérifier l'égalité « lame nette précipitée=lame ruisselée »).



Après une itération on trouve une valeur i_{limite} de 14 mm/h, ce qui localise la pluie nette entre 1 et 1 h 30 min.

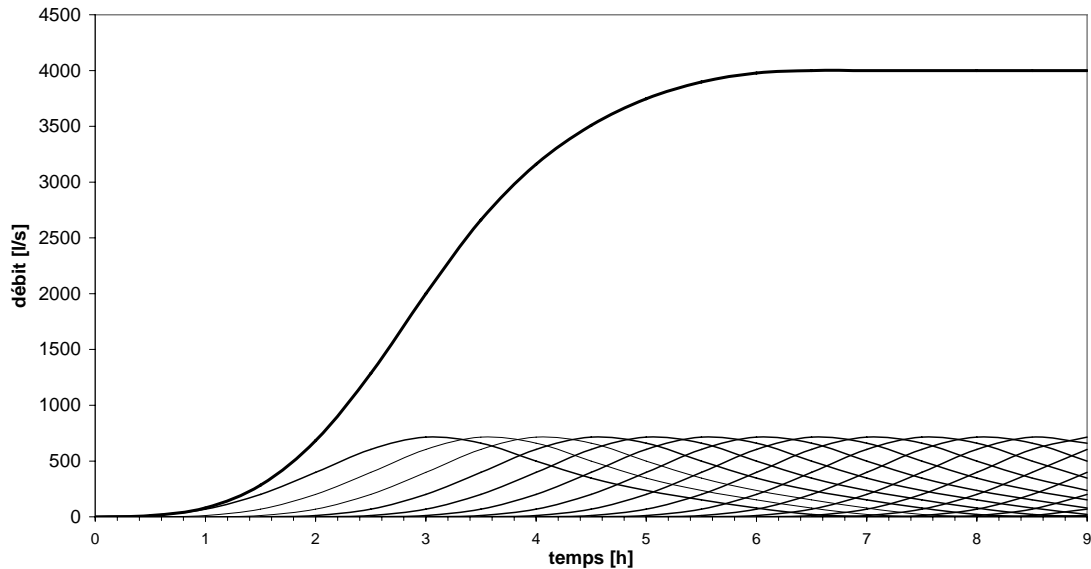
L'H.U.N. calculé au point précédent est donc valable pour une durée de pluie nette D de 30 minutes et un volume de 1 mm.

⊙ **Attention !** Dans les calculs précédents les intensités sont en mm/h sur des pas de temps de 30 min.

Question 2. Déterminer la courbe en S du bassin versant.

L'hydrogramme en S s'obtient en sommant entre eux les HUN décalés de la durée de référence jusqu'à ce que l'on obtienne un palier.

Courbe en S du bassin de 4 km²



Question 3. Détermination de l'Hydrogramme Unitaire Normé pour une durée T de 1 heure et un volume de 1 mm

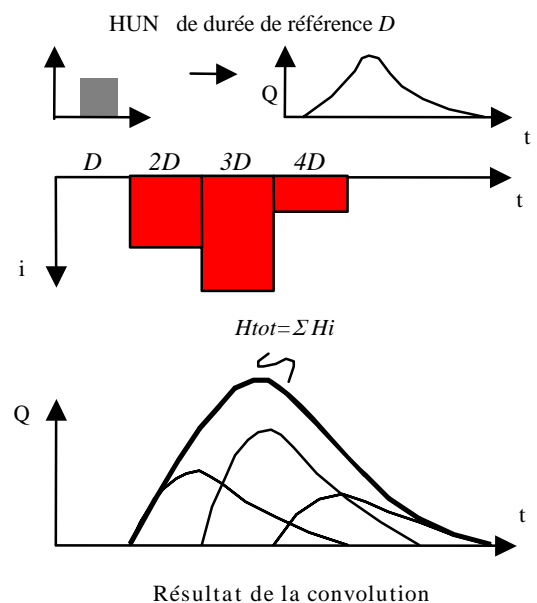
Dans le cas présent H.U.N. (durée de 30 minutes, volume de 1 mm), plutôt que d'utiliser la courbe en S, il est plus simple de décaler deux H.U.N de 30 minutes, puis d'en faire la somme pour chaque pas de temps (propriété d'additivité de l'H.U.N.). Puisque cet H.U. correspond à une pluie nette de 2 mm, il faut encore diviser ses ordonnées par 2 pour avoir un Hydrogramme Unitaire Normé de durée 1 heure et de volume 1 mm.

Question 3. Calcul de l'hydrogramme de ruissellement de la pluie nette proposée

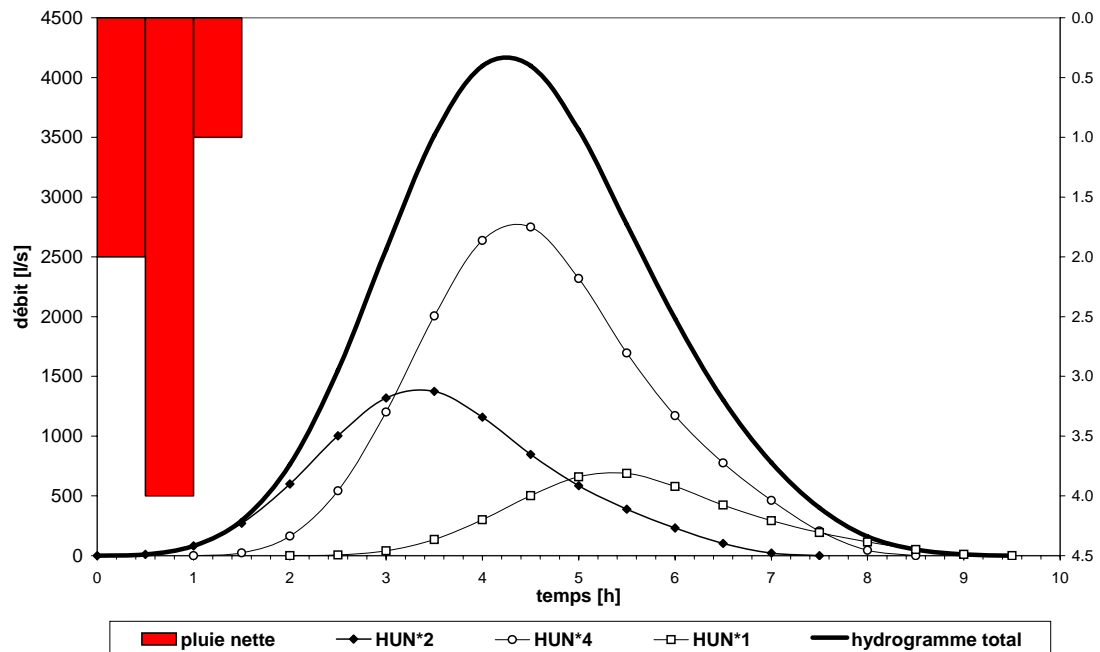
☉ Méthode à appliquer : Convolution de la pluie nette avec l'HUN

A partir d'un HU connu pour une averse unitaire de norme 1 mm et de durée de référence D , on peut calculer l'hydrogramme résultant d'une averse longue et complexe comme suit :

- Le hyétogramme de l'averse complexe est décomposé en une succession d'événements simples de durée D .
- Pour chacun des événements simples, l'hydrogramme de ruissellement qui en résulte est obtenu en appliquant le principe de linéarité, c'est à dire, en multipliant les ordonnées de l'HUN par le volume précipité durant le pas de temps D .
- Chaque hydrogramme obtenu est décalé dans le temps d'une durée D par rapport à l'hydrogramme résultant de l'événement précédent.
- L'hydrogramme résultant de l'événement pluviométrique complexe s'obtient finalement en effectuant la somme des hydrogrammes obtenus pour chacun des événements simples.



⊙ Résultats :



pluie nette	pluie nette	pluie nette
2.0	4.0	1.0
[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]

HUN heure (1 heure, 1 mm) [h]	HUN [l/s]	HUN*2 [l/s]	HUN*4 [l/s]	HUN*1 [l/s]	hydrogramme total [l/s]
0	0.0	0.0			0.0
0.5	5.9	11.8			11.8
1	40.8	81.6	0.0		81.6
1.5	135.6	271.2	23.5		294.8
2	300.2	600.4	163.2	0.0	763.6
2.5	501.5	1003.1	542.4	5.9	1551.4
3	659.4	1318.7	1200.8	40.8	2560.3
3.5	687.4	1374.8	2006.1	135.6	3516.5
4	579.7	1159.3	2637.4	300.2	4096.9
4.5	423.9	847.8	2749.6	501.5	4099.0
5	292.9	585.8	2318.7	659.4	3563.9
5.5	194.2	388.4	1695.7	687.4	2771.4
6	115.7	231.4	1171.7	579.7	1982.7
6.5	51.5	102.9	776.7	423.9	1303.6
7	11.4	22.7	462.8	292.9	778.5
7.5	0.0	0.0	205.9	194.2	400.1
8			45.5	115.7	161.2
8.5			0.0	51.5	51.5
9				11.4	11.4
9.5				0.0	0.0