

TD (hydrogramme unitaire)

Exercice 01 :

L'hydrogramme de ruissellement mesuré à l'exutoire d'un bassin versant est donné par le tableau suivant :

Temps (jours)	0	1	2	3	4	5	6	7
Q (m ³ /s)	35	31.4	34.3	250	140	89.6	57.4	43
Temps (jours)	8	9	10	11	12	13	14	15
Q (m ³ /s)	37.3	36.9	35.7	35.1	34.9	34.8	34.7	34.6

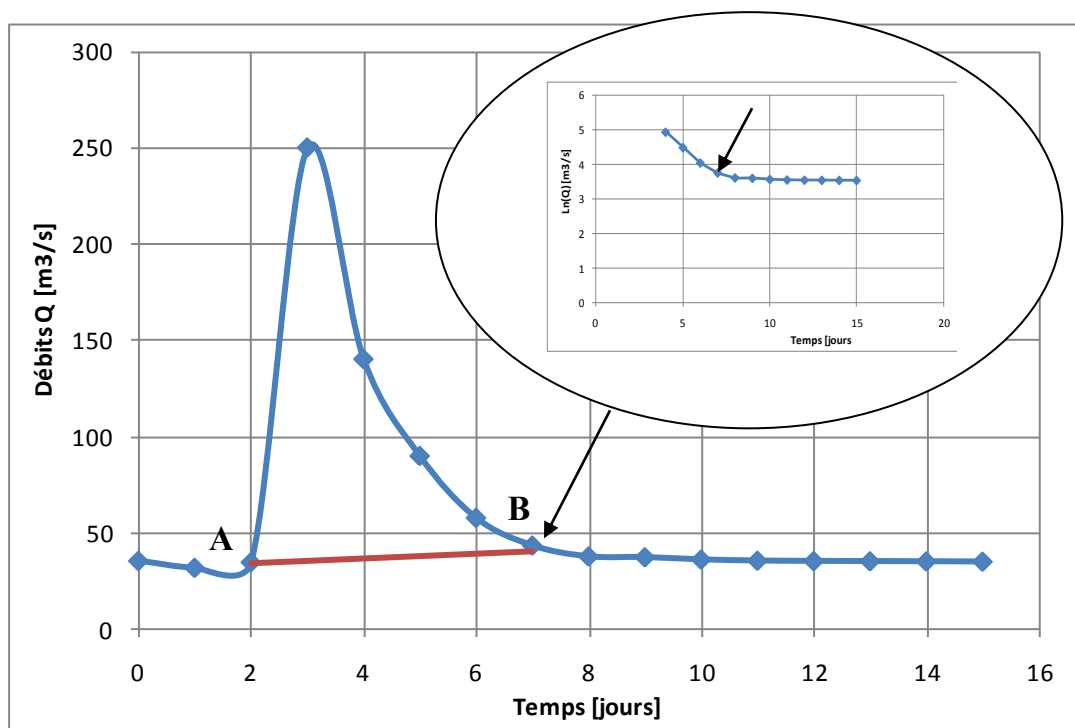
Séparer l'écoulement de base du ruissellement de surface.

Solution 03 :

Séparation de l'écoulement de base du ruissellement de surface :

Pour ce faire, on suit les étapes suivantes :

- On calcule le logarithme des débits colonne 03 tableau ci-dessous ;
- Sur un papier semi logarithmique on représente les débits en fonction du temps ;
Ensuite on détermine le point B relatif au changement de la pente sur ce graphique (point de fin de ruissellement direct) ;
- On trace la droite AB séparant l'écoulement de base de ruissellement direct.
- Enfin la soustraction de l'écoulement de base de l'écoulement total donne le ruissellement direct colonne 05 du tableau ci-dessous.



Alors, le volume du ruissellement direct V est déterminé soit par la méthode graphique (surface située sous la courbe de l'hydrogramme de ruissellement direct), soit par méthode de calcul direct (somme des débits du ruissellement direct x temps). On trouve :

$$V = 389,86 \times 3600 \times 24 = \mathbf{33,68\ 10^6\ m^3}$$

Temps (jours)	Q (m3/s)	Ln(Q)	Ecoulement de base (m3/s)	Ruissellement (m3/s)
0	35	3,55	35	0
1	31,4	3,45	31,4	0
2	34,3	3,53	34,3	0
3	250	5,52	36,04	213,96
4	140	4,94	37,78	102,22
5	89,6	4,49	39,52	50,08
6	57,4	4,05	41,26	16,14
7	43	3,76	43	0
8	37,3	3,62	37,3	0
9	36,9	3,61	36,9	0
10	35,7	3,57	35,7	0
11	35,1	3,56	35,1	0
12	34,9	3,55	34,9	0
13	34,8	3,55	34,8	0
14	34,7	3,55	34,7	0
15	34,6	3,54	34,6	0
			Total	389,86

Exercice 03:

Les débits de l'hydrogramme d'une crue sont donnés au tableau ci-dessous pour un bassin de 243 hectares. Cette crue a été produite par une précipitation uniforme de 70mm par heure qui a commencé à neuf heures et a cessé soudainement à onze heures. Cette pluie a généré un ruissellement direct de 127 mm. L'écoulement de base était en tout temps de 3m³/s.

Déterminer :

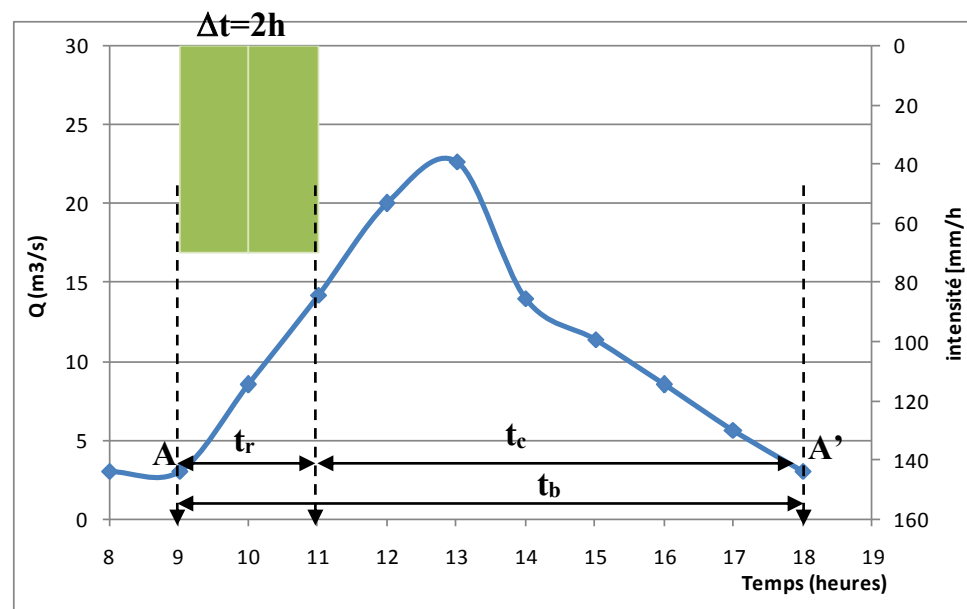
- L'heure à laquelle a commencé et cessé le ruissellement direct,
- L'indice ϕ du bassin versant,
- L'hydrogramme unitaire de 2 heures (HU2),
- Le temps de concentration,
- L'heure à laquelle aurait cessé le ruissellement direct si une averse de 70 mm/h, d'une durée de 8h avait commencé à 9h,
- Le débit de pointe et le ruissellement direct de cette pluie décrite en (e).

Temps (h)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Débit (m ³ /s)	3	3	8.50	14.20	20	22.65	17	11.40	8.50	5.65	3

Solution 03 :

- L'heure à laquelle a commencé et cessé le ruissellement direct

D'après les données du tableau l'hydrogramme d'écoulement généré par une averse de 70 mm par heure qui a duré 2 heures de 9 heure à 11 heure est comme suivant :



Sachant que le débit de base est de 3 m³/s, et en traçant la droite parallèle à l'axe des abscisses on peut déterminer le temps de base. Donc, le ruissellement direct a commencé à 9 heure et cessé à 18 heure.

b) L'indice ϕ du bassin versant,

L'indice d'infiltration ϕ est donné par : $\sum(i - \phi) \cdot \Delta t = R$
 $[(70 - \phi)] \cdot 2 = 127$

$$140 - 2\phi = 127 \quad ==> \quad \phi = \frac{140-127}{2} = 6.5 \text{ mm}$$

c) L'hydrogramme unitaire de 2 heures (HU2),

Cette crue a été produite par une précipitation uniforme de 70 mm/ h qui a duré 2 heures.
 Cette pluie a généré un ruissellement direct de 127 mm.

Les ordonnées de l'hydrogramme unitaire sont déterminées en divisant les ordonnées de l'hydrogramme d'écoulement par le ruissellement R (tableau ci-dessous).

- Débit de l'écoulement direct $Q_d = Q - Q_b$
- Les débits de l'hydrogramme unitaire $HU(2h) = (Q - Q_b) / 127$

temps	Q	Qb	Qd (R)	Hu
[heures]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
8	3	3	0	0
9	3	3	0	0
10	8,5	3	5,5	0,043
11	14,2	3	11,2	0,088
12	20	3	17	0,134
13	22,65	3	19,65	0,155
14	17	3	14	0,110
15	11,4	3	8,4	0,066
16	8,5	3	5,5	0,043
17	5,65	3	2,65	0,021
18	3	3	0	0

d) Le temps de concentration,

La pluie nette débute à 9 h 00, finit à 11h00 et dure donc 2 heures ; donc $t_r = 2$ heures

Alors le temps de concentration, $t_c = t_b - t_e$
 $t_c = 9 - 2 = 7$ heures

e) Pour une pluie de $\Delta t = 8h$, d'où $t_b = \Delta t + t_c = 8h + 7h = 15h$

Alors l'heure à laquelle cesserait le ruissellement direct, si une averse de 70 mm/h, d'une durée de 8h avait commencé à 9h :

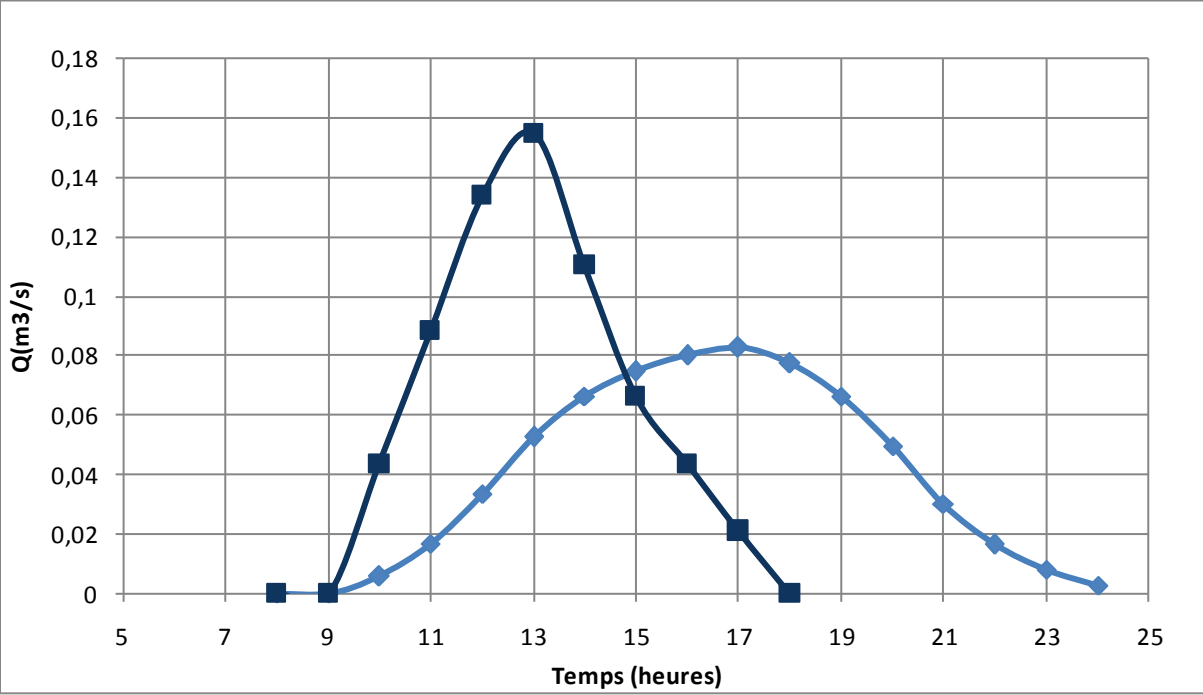
$$9h + 15h = 24h$$

Dans ce cas c'est la durée de l'averse qui va changée mais le temps de concentration sera le même. Donc, le ruissellement direct aurait commencé à 9 heures et aurait cessé à 24 heures.

- f) Le débit de pointe et le ruissellement direct de cette pluie décrite en (e). Alors en calculant l'hydrogramme unitaire de 8 heures, on constate que le débit de pointe se produit à 17 h et a la valeur unitaire de 0.083 m³/s.

temps	Q	Qb	Qd	Hu	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	Hu(1/8)	HU(8h)
[h]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
8	3	3	0	0	0								0
9	3	3	0	0	0	0							0
10	8,5	3	5,5	0,043	0,005	0	0						0,005
11	14,2	3	11,2	0,088	0,011	0,005	0	0					0,016
12	20	3	17	0,134	0,017	0,011	0,005	0	0				0,033
13	22,65	3	19,65	0,155	0,019	0,017	0,011	0,005	0	0			0,053
14	17	3	14	0,110	0,014	0,019	0,017	0,011	0,005	0	0		0,066
15	11,4	3	8,4	0,066	0,008	0,014	0,019	0,017	0,011	0,005	0	0	0,075
16	8,5	3	5,5	0,043	0,005	0,008	0,014	0,019	0,017	0,011	0,005	0	0,080
17	5,65	3	2,65	0,021	0,003	0,005	0,008	0,014	0,019	0,017	0,011	0,005	0,083
18	3	3	0	0	0	0,003	0,005	0,008	0,014	0,019	0,017	0,011	0,077
19						0	0,003	0,005	0,008	0,014	0,019	0,017	0,066
20							0	0,003	0,005	0,008	0,014	0,019	0,049
21								0	0,003	0,005	0,008	0,014	0,030
22									0	0,003	0,005	0,008	0,016
23										0	0,003	0,005	0,008
24											0	0,003	0,003
25												0	0

Le débit de pointe réel est donc $0.083 \text{ m}^3/\text{s} + Q_b = 3 + 0.083 = 3.083 \text{ m}^3/\text{s}$



Exercice 07:

A la suite d'une précipitation d'intensité constante qui a duré 1 heure, on a mesuré l'hydrogramme de ruissellement (tableau ci-dessous) à l'exutoire d'un bassin de drainage d'une superficie de 4500 ha.

Déterminer l'hydrogramme unitaire de 1 heure et de 2 heures pour ce bassin.

Temps (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Débit (m ³ /s)	0	19.5	45	30	22.5	17	12.5	8.5	5	3.5	1.5	0	0	0

Solution 07 :

- 1) le volume du ruissellement direct V est déterminé soit par la méthode graphique (surface située sous la courbe de l'hydrogramme de ruissellement direct), soit par méthode de calcul direct (somme des débits du ruissellement direct x temps). On trouve :

$$V = 165 \times 3600 = \mathbf{594000 \text{ m}^3}$$

La lame ruisselée es donnée par l'expression :

$$Lr = V(\text{volume de ruissellement}) / A (\text{Aire du bassin})$$

$$\text{On trouve : } Lr = 594000 / 4500 \times 10^4 = 0.0132 \text{ m} = 13.2 \text{ mm.}$$

D'où l'hydrogramme unitaire résultant est :

temps	Q	Hu(1h)	Hu(1h)	Hu(2h)
[heures]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
1	19,5	1,48	0	1,48
2	45	3,41	1,48	4,89
3	30	2,27	3,41	5,68
4	22,5	1,70	2,27	3,98
5	17	1,29	1,70	2,99
6	12,5	0,95	1,29	2,23
7	8,5	0,64	0,95	1,59
8	5	0,38	0,64	1,02
9	3,5	0,27	0,38	0,64
10	1,5	0,11	0,27	0,38
11	0	0	0,11	0,11
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0

