

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

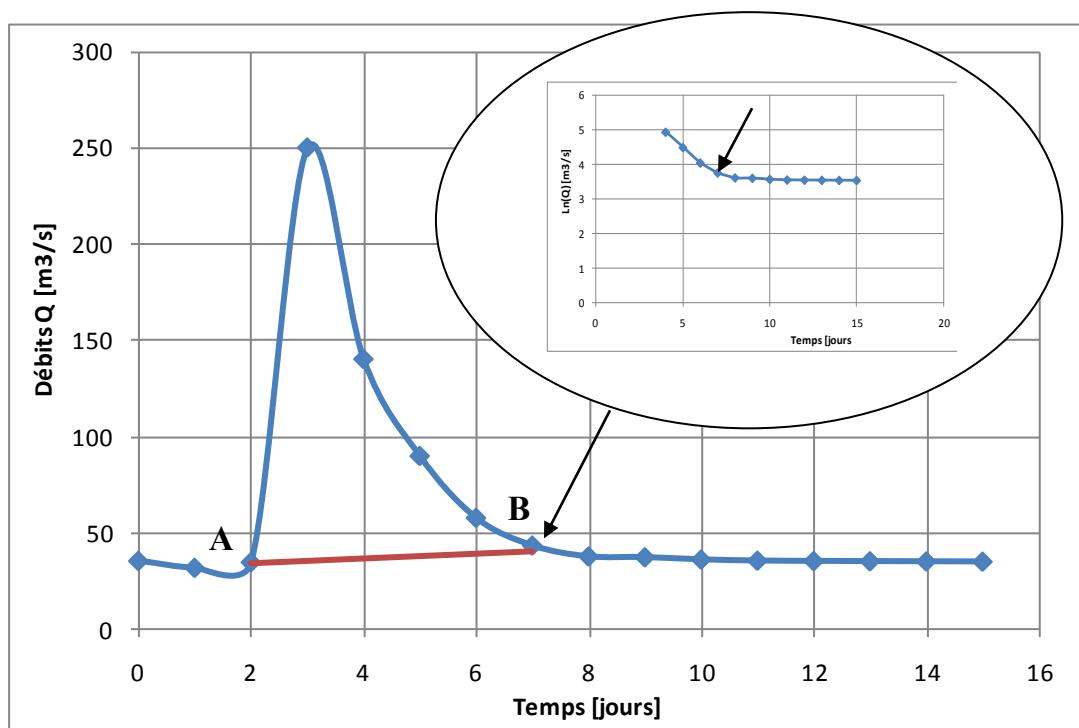
Séparer l'écoulement de base du ruissellement de surface.

Solution 03 :

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

Pour ce faire, on suit les étapes suivantes :

- On calcul 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 \times temps). On trouve :

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

Temps (jours)	Q (m ³ /s)	Ln(Q)	Ecoulement de base (m ³ /s)	Ruisseaulement (m ³ /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 :

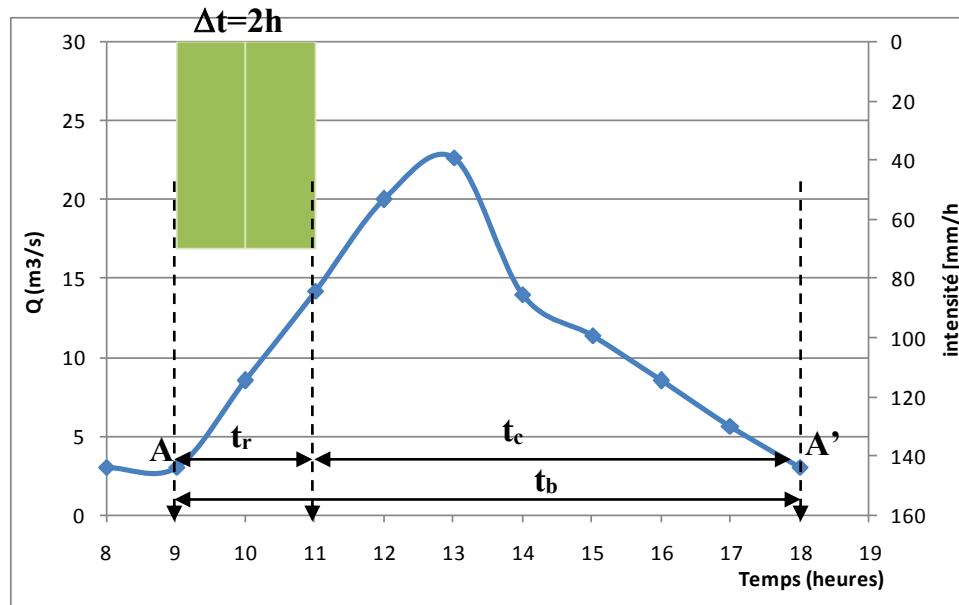
- L'heure à laquelle a commencé et cessé le ruissellement direct,
- L'indice ϕ du bassin versant,
- L'hydrogramme unitaire de 2 heures (HU2),
- Le temps de concentration,
- L'heure à laquelle aurait cessé le ruissellement direct si une averse de 70 mm/h, d'une durée de 8h avait commencé à 9h,
- Le débit 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 à durée 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 : $\sum(i - \phi) \cdot \Delta t = R$
 $[(70 - \phi)] \cdot 2 = 127$

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

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]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /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 $tr = 2$ 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 :

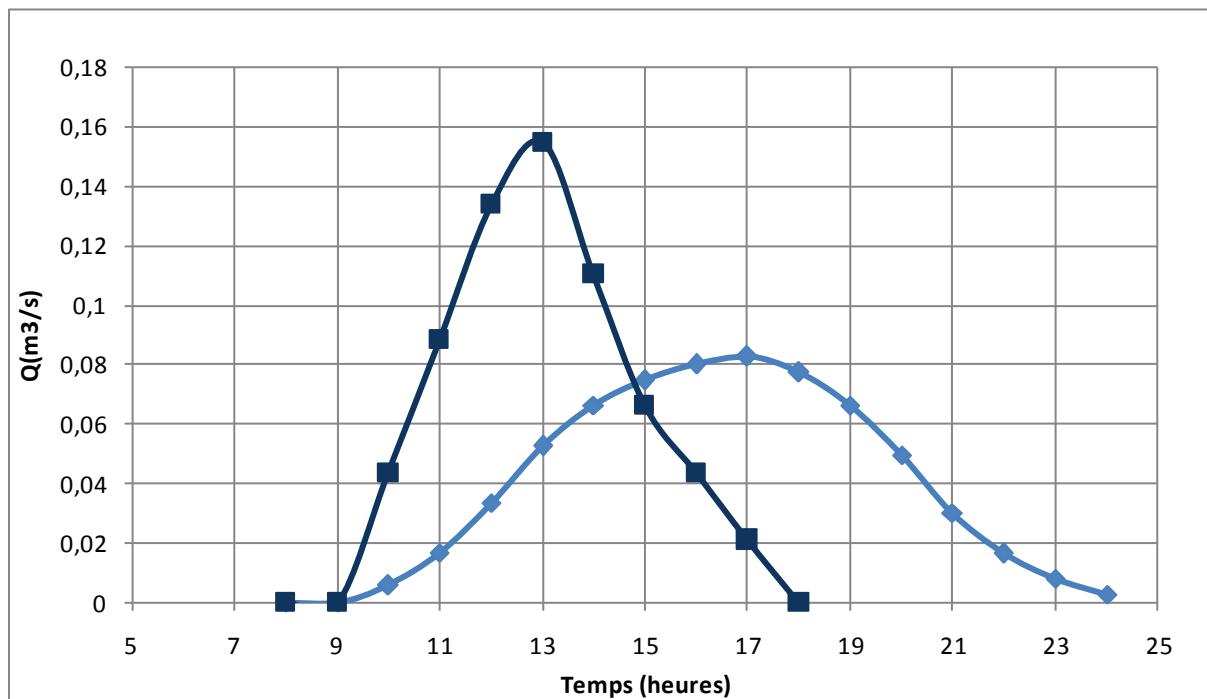
$$9h + 15h = 24h$$

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(8h)								
[h]	[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 $0.083 \text{ m}^3/\text{s} + Qb = 3 + 0.083 = 3.083 \text{ m}^3/\text{s}$



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 \times temps). On trouve :

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

La lame ruisselée es donnée par l'expression :

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

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

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

