

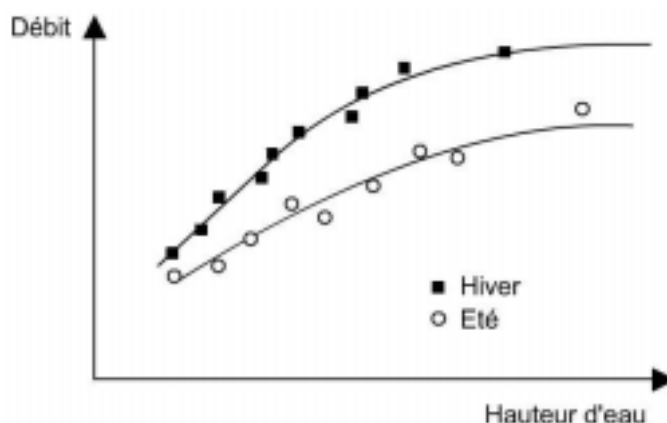
Section SIE/GC e-drologie Cours d'Hydrologie Générale Propédeutique II, juillet 2003 durée : 60 minutes Prof. A Musy, EPFL - ENAC/Hydrum - EPFL	NOM : PRÉNOM : SECTION : Nombre de points : / 18 points Note : / 6
--	--

Répondez uniquement dans l'espace prévu à cet effet !

- (1pts) 1. Dans le bas des versants, le processus d'écoulement hortonien est dominant. Cette affirmation est-elle exacte ? Justifier

NON. Dans le bas des versants, c'est généralement l'écoulement sur surface saturée qui domine. En effet, le bas des versants favorise la **saturation « par-dessous »** du fait de la remontée possible de la nappe qui est plus proche de la surface en fond de vallée, de la convergence des lignes de courant, des pentes faibles...

- (2pts) 2. Les deux courbes ci-dessous ont été construites pour une même station de mesure d'un cours d'eau en zone rurale :



Quelle est le nom de ces courbes ? A quoi servent-elles ? Et comment sont-elles construites ?

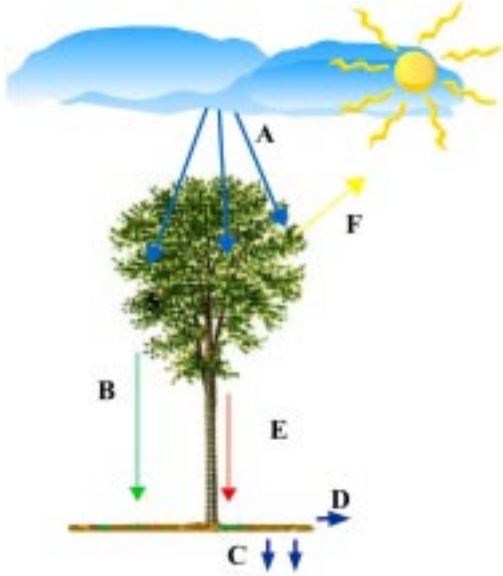
Il s'agit de **courbes de tarage** qui pour une station donnée permettent de passer de la courbe des hauteurs d'eau en fonction du temps $H=f(t)$ (appelée limnigramme) à celle des débits $Q=f(t)$ (appelée hydrogramme). La construction de la courbe de tarage est généralement effectuée au moyen de campagnes de mesures pendant lesquelles on effectue des **jaugeages**. Ceux-ci permettent de mesurer le débit d'une rivière à un instant donné que l'on relie ensuite à la hauteur d'eau lue au même moment à une échelle par exemple.

Quelles explications pouvez-vous apporter aux différences Hiver/Été observées ? Qu'en concluez-vous pour la station ?

Pour une même hauteur d'eau, le débit est plus important en hiver qu'en été. Sachant que $Q = V S$, on en déduit qu'il y a, en été, une diminution de la vitesse ou de la section du cours d'eau ou même encore des deux. On peut facilement envisager que ces modifications des conditions d'écoulements, liées à la saison, soient dues à la croissance de la végétation aquatique.

Le tracé de la courbe de tarage suppose une certaine permanence des conditions locales d'écoulement. Or dans le cas présent, on a deux courbes : une pour l'été, l'autre pour l'hiver. La station n'est donc pas stable et il sera alors nécessaire de réaliser des analyses statiques afin de juger de la dispersion des points.

(2pts) 3. La figure suivante montre les différents paramètres mesurés lors d'une étude sur l'interception.



Compléter avec la lettre correspondante :

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| <input type="text" value="E"/> | Pluie drainée par le tronc (Pt). |
| <input type="text" value="B"/> | Pluie drainée par la canopée (Pc). |
| <input type="text" value="D"/> | Ruissellement (R). |
| <input type="text" value="A"/> | Pluie incidente (Pi). |
| <input type="text" value="F"/> | Pluie interceptée évaporée (I). |
| <input type="text" value="C"/> | Infiltration (F). |

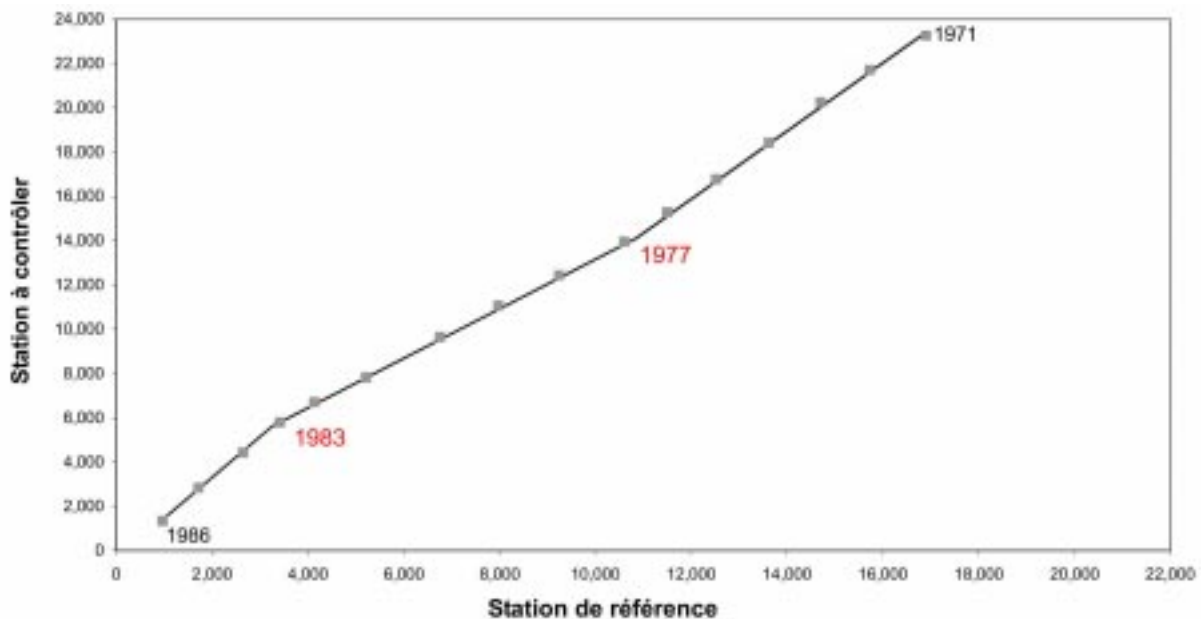
Calculer les pertes par interception pour un évènement donné, pour lequel $P_i = 2.54 \text{ mm}$, $P_c = 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $P_t = 0 \text{ m}^3$ et sachant que la surface de la canopée est de 23 m^2 .

Le bilan hydrique au niveau de l'arbre peut s'écrire : $P_i = P_c + P_t + I$ d'où : $I = P_i - P_c - P_t$. On a donc : $I = 55.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (i.e 2,42 mm). Soit 95 % de la pluie qui est interceptée pour l'évènement considéré.

Pour des pluies abondantes les pertes par interception sont faibles (environ 10 à 20 % par rapport aux précipitations). Pourquoi ?

La capacité de stockage du feuillage est limitée, elle diminue lors d'une averse. En faite, les quantités d'eau écoulée le long du tronc et la précipitation au sol augmentent avec l'intensité des précipitations et la vitesse du vent. Pour des pluies abondantes les pertes par interception sont ainsi plus faibles car le feuillage peut être secoué par les vents violents ou fléchir sous le poids des gouttes de pluies...

(2pts) 4. Le graphique suivant a été obtenu par la méthode du double cumul sur deux séries de pluies observées à deux stations pluviométriques.



Que pouvez-vous en déduire ?

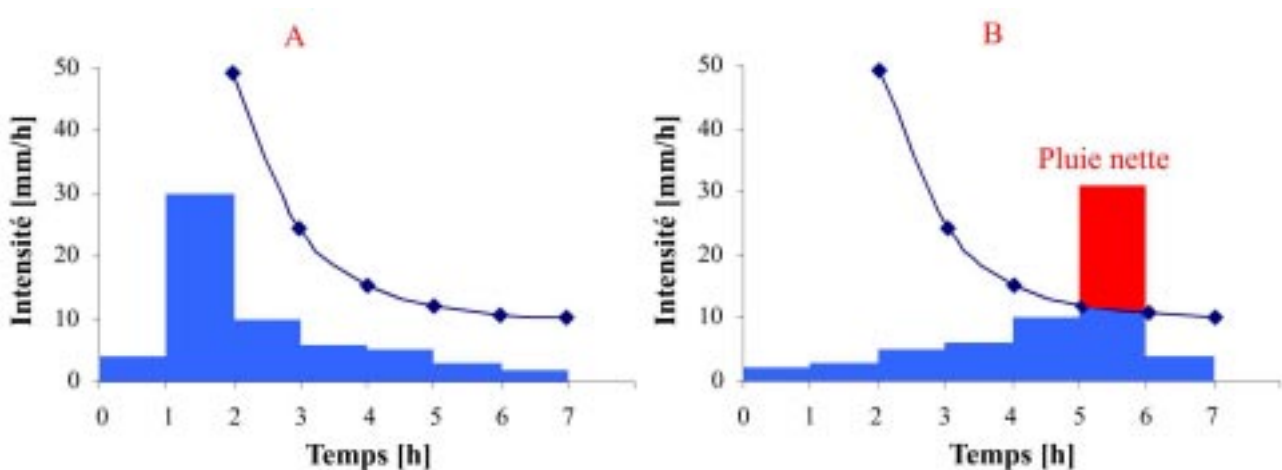
La courbe des doubles cumuls fait apparaître deux ruptures dans la série : l'une en 1977, l'autre en 1983. Celle de 1977 est moins sensible. La station à contrôler ne présente donc pas une série de données homogène et présente des anomalies qu'il conviendrait d'expliquer (changement de place du pluviomètre etc...), de signaler et de corriger.

Remarque : L'interprétation de cette courbe est sujette à de nombreuses différences qui dépendent de l'observateur car elle fait appel à un « ajustement à l'œil ».

Comment peut-on vérifier statistiquement l'homogénéité de la série de mesures ? Citer au moins un exemple.

On peut réaliser des tests d'homogénéité (exemple : test de student, test de Fisher-Snedecor, Test de Wilcoxon, Test de la médiane) sur les 2 ou 3 échantillons issues des la série de pluie de la station à contrôler (avant et après déplacement par exemple).

(2pts) 5. Un pluviomètre a enregistré deux précipitations dont les hyétogrammes sont présentés ci-dessous.



A l'aide d'une même fonction d'infiltration de Horton (cf. indications ci-dessous), quantifier les volumes ruisselés pour les cas A et B. Indiquer aussi les résultats sur les graphiques ci-dessus.

Au moyen d'une fonction d'infiltration de Horton (cf. indications ci-dessous) et en prenant en compte le processus hortonien, on peut calculer $f(t)$ et dessiner sur les deux graphiques ci-dessus l'évolution de la capacité d'infiltration au cours du temps.

On en déduit que :

- Pour la pluie A, le seuil de submersion n'est jamais atteint. On a $f(t) < i(t)$ ($i(t)$ est l'intensité de la pluie) et le volume ruisselé = 0. Tout s'infiltre.
- Pour la pluie B, la submersion ($i(t) > f(t)$) a lieu entre 5 et 6 heures. A $t=5h$, $f(t)=12$ mm/h et à $t=7h$, $f(t)=10,7$ mm/h. On en déduit la lame ruisselée qui est d'environ 18.65 mm.

Indications :

Fonction de Horton :

$$f(t) = f_f + (f_0 - f_f) \cdot e^{-\gamma t}$$

$f(t)$: capacité d'infiltration au temps t [mm/h],

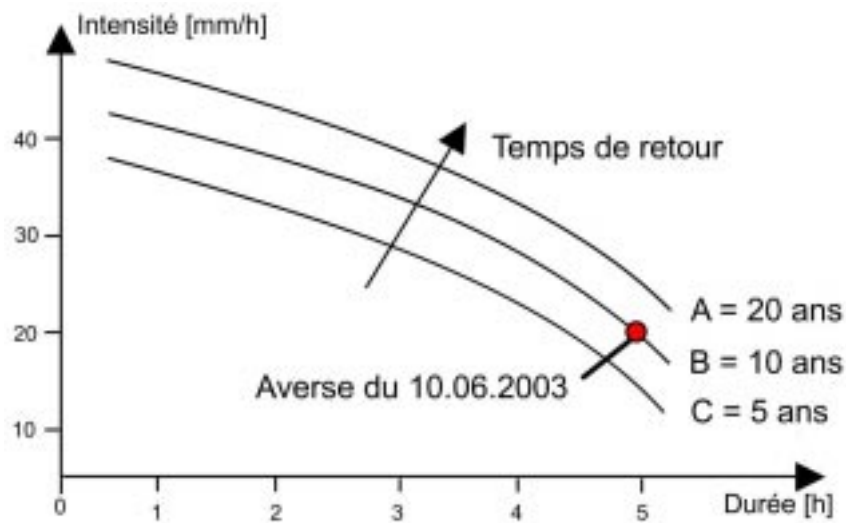
f_0 : capacité d'infiltration initiale [mm/h], $i_0 = 300$ mm/h,

f_f : capacité d'infiltration finale [mm/h], $i_f = 10$ mm/h,

t : temps écoulé depuis le début de l'averse [h],

γ : constante empirique, fonction de la nature du sol [h⁻¹] ; $\gamma = 1$ h⁻¹.

- (2pts) 6. Le graphique ci-dessous représente pour la même station les courbes IDF établies sur une période de 50 ans.



Compléter avec la lettre correspondante :

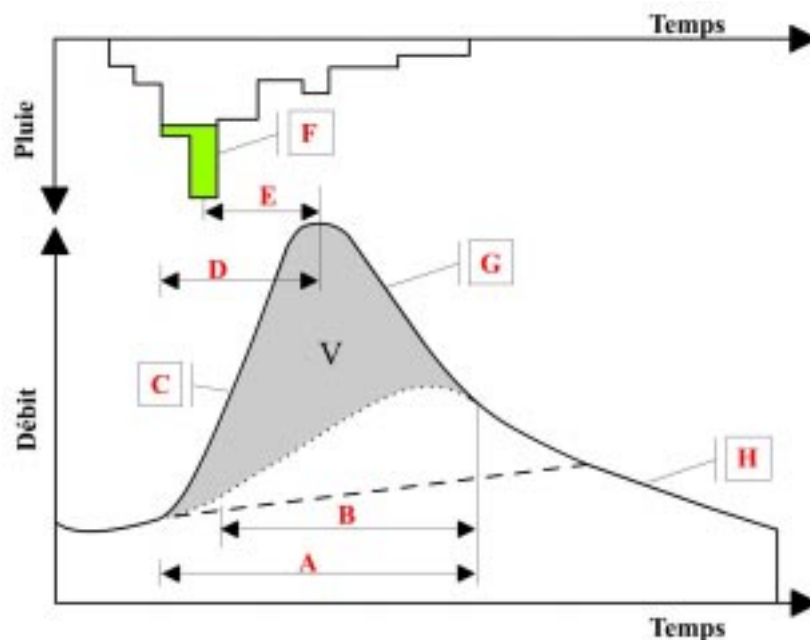
- ☐ B 10 ans
☐ A 20 ans
☐ C 5 ans

Le 10.03.2003, on a mesuré sur cette même station une lame précipitée de 100 mm en 5 heures. Quel est son temps de retour ?

D'après l'énoncé, la durée totale de l'averse est de 5 heures pour une lame précipitée de 100 mm, on a donc une intensité moyenne de $100 / 5 = 20 \text{ mm/h}$.

Le temps de retour d'une pluie dépend toujours de la durée considérée. Dans notre cas et d'après les IDF construites sur 50 ans, la pluie d'intensité moyenne de 20mm/h en 5h a un temps de retour de 10 ans.

- (2pts) 7. La figure suivante montre un hyétogramme et un hydrogramme pour un événement pluie/débit.



Compléter avec la lettre correspondante

G	Courbe de décrue.
E	Temps de réponse du bassin versant.
B	Temps de concentration.
C	Courbe de crue.
A	Temps de base.
H	Courbe de tarissement.
D	Temps de montée.
F	Pluie nette.

A quelle grandeur correspond la surface V comprise entre la courbe de l'écoulement retardé de subsurface et l'hydrogramme de crue/décrue ?

Il s'agit du volume ruisselé = volume de la pluie nette !

Peut-on calculer le coefficient de ruissellement correspondant à cet évènement pluie/débit ? Expliquer.

OUI. Le coefficient de ruissellement est simplement le rapport de la lame ruisselée sur la lame précipitée, deux grandeurs que l'on connaît pour cet évènement pluie/débit.

(2pts) 8. Des données journalières mesurées au niveau d'un bac d'évaporation sont présentées ci-dessous.

Jour	Niveau de l'eau	Ajout/Perte	Pluie	ET bac	ET bac
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]
1	155			6.0	
2	149		2.1	5.9	8.1
3	145.2		3.2	7.6	7.0
4	140.8			7.7	4.4
5	133.1			7.4	7.7
6	125.7			26.3	7.4
7*	99.4	57.6	3.6	41.7	29.9
8	118.9			7.7	38.1
9	111.2			5.9	7.7
10*	105.3				5.9

OU

* On a rajouté 57.6 mm d'eau dans le bac

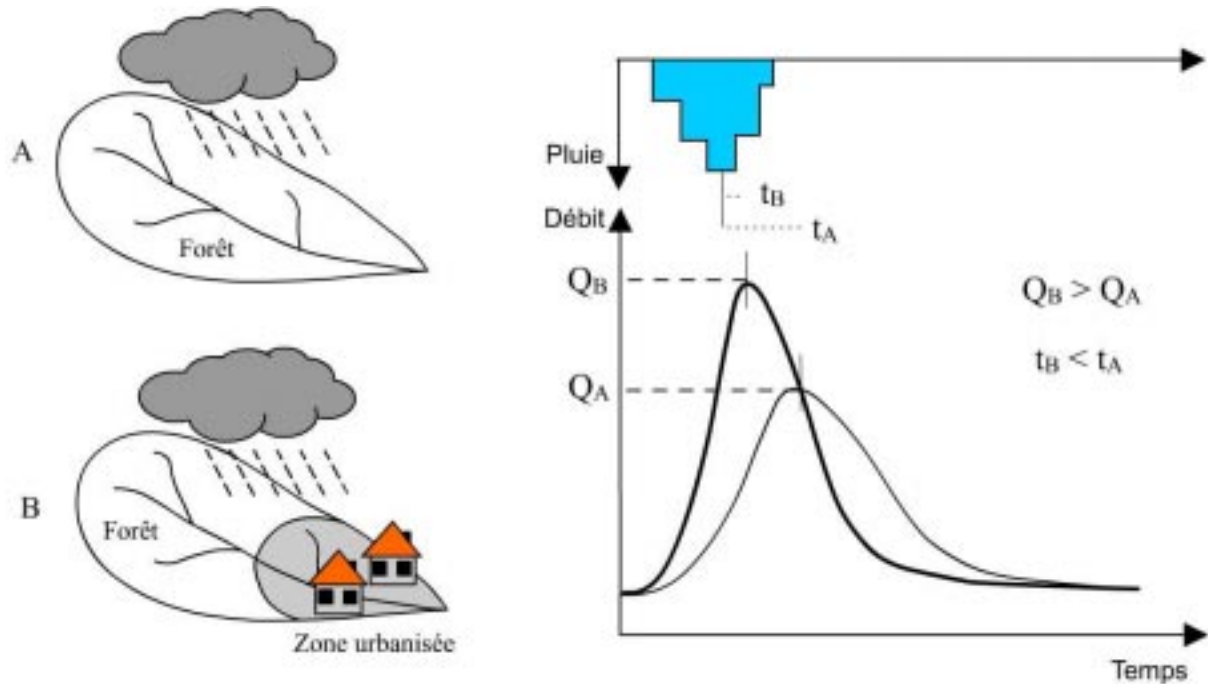
On vous demande d'estimer l'évaporation ET_{bac} en mm pour les 10 jours considérés.

La quantité d'eau évaporée par jour s'obtient en faisant la différence de niveau d'eau dans le bac, sans oublier de prendre en compte les apports (ou les pertes) extérieurs comme la pluie ou les ajouts manuels. On obtient une évaporation au bout de 10 jours $ET_{\text{bac}} = 116.2$ mm

L'évaporation d'un sol nu dépend essentiellement de deux facteurs qui conditionnent la demande évaporative : la quantité de chaleur à disposition et la capacité de l'air à stocker de l'eau. Quel est le troisième facteur qui conditionne également les quantités évaporées dans le cas de l'évaporation d'un sol nu ?

L'évaporation d'un sol nu est influencée d'une part par la demande évaporative mais aussi par la capacité du sol à répondre à cette demande (**disponibilité en eau**) et sa capacité à transmettre de l'eau vers la surface, fonction de diverses caractéristiques. L'eau est toujours disponible pour les nappes d'eau libre, alors qu'elle est limitée pour les sols.

- (2pts) 9. Dessiner pour les deux bassins ci-dessous de caractéristiques morphologiques identiques mais d'occupation du sol différente les hydrogrammes résultant d'une même pluie uniformément répartie sur ces bassins. Exprimer sur le dessin de droite les différences en termes de pointe de crue et de temps de réponse.



- (1pts) 10. Quelle méthode de détermination du débit préconiseriez-vous dans le cas de petits cours d'eau aux lits étroits, instables, encombrés de blocs et à faible tirant d'eau ?

L'installation de stations à échelles limnimétriques et l'exécution de jaugeages au moulinet ou par la méthode de jaugeages par dilution ne sont pas recommandés pour ce type de cours d'eau. Dans ce cas, la **détermination du débit à l'aide d'ouvrages calibrés** serait un bon compromis. La construction d'un déversoir ou d'un canal calibré permet de stabiliser le lit du cours d'eau et d'établir une relation entre le niveau de l'eau H et le débit Q aussi stable que possible.

La méthode volumétrique serait aussi une solution pour ce petit cours d'eau.

11. Questions subsidiaires

Comment peut-on identifier sur le terrain les principaux types d'écoulement de l'eau ?

Utilisation des traceurs chimiques pour la séparation des écoulements.

La transformation de la pluie en hydrogramme de crue se traduit par l'application successive de deux fonctions. Comment les nomme-t-on ?

- fonction de production – ou fonction d'infiltration
- fonction de transfert.