

<p>Section SIE/GC</p> <p><b>e-drologie</b></p> <p><b>Cours d'Hydrologie Générale</b></p> <p><b>Propédeutique II, Septembre 2002</b> durée : 60 minutes</p> <p>Prof. A Musy, EPFL - ENAC/Hydram - EPFL</p>	<p><b>NOM</b> : .....</p> <p><b>PRÉNOM</b> : .....</p> <p><b>SECTION</b> : .....</p> <p>Nombre de points : ..... / 18 points</p> <p><b>Note</b> : ..... / 6</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Répondez uniquement dans l'espace prévu à cet effet !*

(2pts) 1. Calculer le temps de résidence de l'eau d'un lac dont le fond est colmaté, connaissant :

- Sa surface : 100 [km<sup>2</sup>]
- Son volume : 10<sup>8</sup> [m<sup>3</sup>]
- La pluie moyenne annuelle : 500 [mm]
- L'évaporation moyenne annuelle : 100 [mm]
- Les débits moyens annuels :
  - Affluent : 1680 [l/s]
  - Exutoire : 2.53 [m<sup>3</sup>/s]

**Le temps de séjour** est la durée pendant laquelle de l'eau, ou une substance quelconque, demeure dans une des composantes du cycle hydrologique. Le temps de séjour moyen ou temps de résidence est obtenu en divisant la taille du réservoir par le flux d'entrée (somme de tous les flux entrants) **ou** de sortie (somme de tous les flux sortants).

On obtient :

- Flux entrant = 102980480 [m<sup>3</sup>]
- Flux sortant = 89786080 [m<sup>3</sup>]
- Temps de résidence 1 = 0.97 = 1 ans
- Temps de résidence 2 = 1.1 = 1 ans

2pts) 2. Quelles sont les deux propriétés qui règlent le transport solide dans un cours d'eau ? Expliquez.

- **La compétence du cours d'eau** - Elle est mesurée par le diamètre maximum des débris rocheux que peut transporter le cours d'eau. Cette caractéristique est essentiellement fonction de la vitesse de l'eau. Les variations de la compétence en fonction de la vitesse sont explicitées dans le diagramme de Hjulsrom.
- **La capacité du cours d'eau** - C'est la quantité maximale de matériaux solides que peut transporter en un point et à un instant donné le cours d'eau. La capacité est fonction de la vitesse de l'eau, du débit et des caractéristiques de la section (forme, rugosité, etc.).

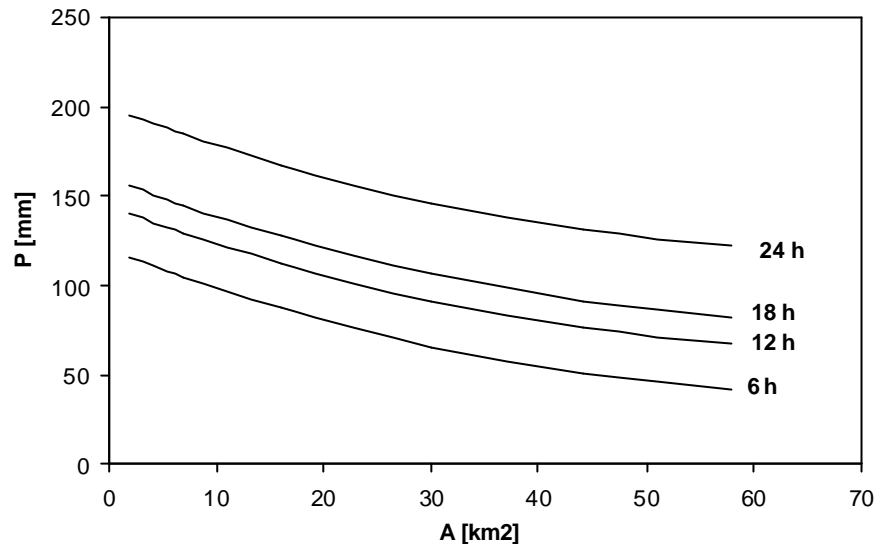
Citer et expliquer deux méthodes de mesures de la quantité de sédiments transportée par un cours d'eau pendant une durée donnée.

- **Mesure de la quantité de sédiments passant au travers d'une section donnée : 1) Mesures ponctuelles** par la collecte d'échantillons à hauteur d'une section de mesure pour suivre dans le temps les variations du transport solide, puis mesures par filtration au laboratoire. 2) **Mesures en continues** de la turbidité à l'aide de turbidimètres.

Mais aussi....

- **Levers topographiques et bathymétriques** de retenues artificielles servant de piège à sédiment pour évaluer l'apport global de sédiments pendant une période déterminée.
- **Utilisation de traceurs** de sédiment ou d'éléments dont les signatures permettent surtout d'étudier les taux de sédimentation (exemple Pb218, Cs137).

2pts) 3. Quelle est la signification et l'utilité du graphique ci-dessous ?



Ce graphique représente la relation entre hauteurs de **précipitation**, surface et durée de l'averse.

Il permet principalement de déterminer la **hauteur maximale** de pluies d'une précipitation sur une zone en fonction de la surface de cette zone, pour une durée de précipitation donnée. Il permet de calculer le **coefficient d'abattement** qui n'est autre que le rapport de la hauteur de la lame d'eau moyenne (sur l'ensemble de la surface) à la hauteur de lame d'eau maximale (à la verticale du centre de l'averse).

Quelle est la différence avec une courbe IDF ?

Les courbes IDF établissent des relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies. La notion de fréquence étant exprimée par la notion de temps de retour.

3pts) 4. Quel est la définition du temps de concentration  $t_c$  des eaux sur un bassin versant ?

Le temps de concentration  $t_c$  des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le **chemin hydrologique** entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Quels sont les différents termes qui le composent ?

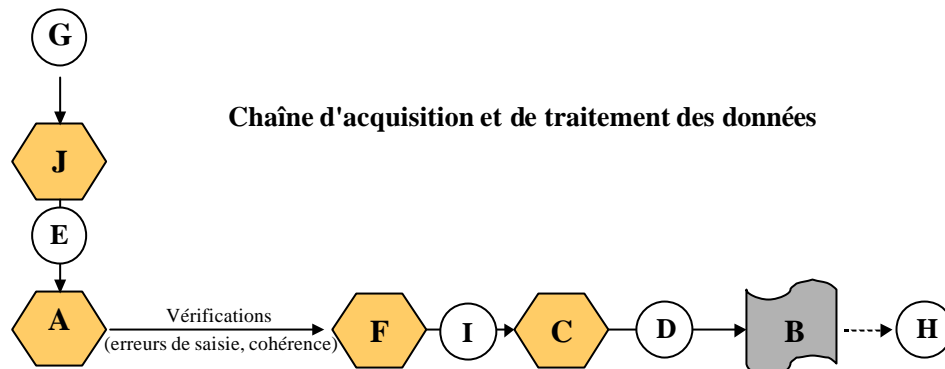
Il est composé de trois termes différents :

- $t_h$  : Temps d'humectation. Temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.
- $t_r$  : Temps de ruissellement ou d'écoulement. Temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel, collecteur).
- $t_a$  : Temps d'acheminement. Temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Comment peut-on l'estimer ?

- A partir d'un hyétogramme de pluie nette et d'un hydrogramme de crue; on estime  $t_c$  comme la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement.
- A partir de mesures sur le terrain ou de formules le plus souvent empiriques.

2pts) 5. A quelles étapes de la chaîne d'acquisition et de traitement de données correspondent les définitions suivantes :



D Publication et distribution.

F Fichier de travail.

I Contrôle primaire des données et reconstitution des données manquantes.

A Fichier de base en « l'état ».

E Traitement primaire des données.

C Fichier opérationnel.

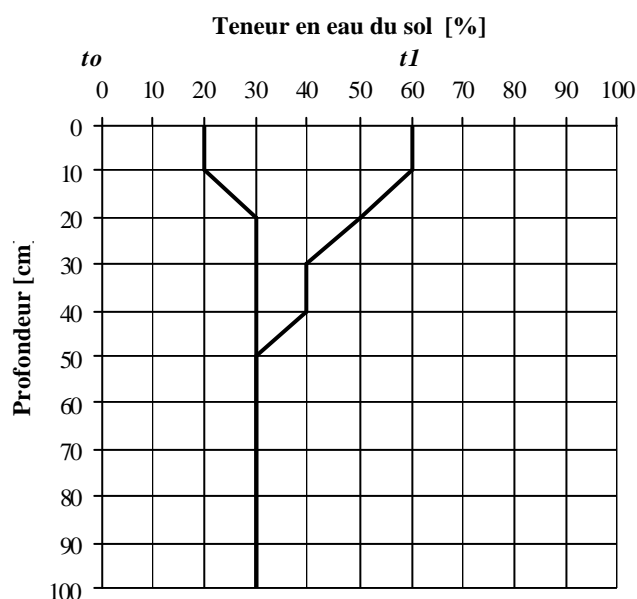
H Traitement secondaire des données.

J Mesures « brutes ».

B Utilisateurs.

G Acquisition.

(3pts) 6. Le graphique ci-dessous représente deux profils hydriques relevés avant ( $t_0$ ) et après ( $t_1$ ) un épisode pluvieux.



Quelle est la quantité d'eau infiltrée (exprimée en mm) ?

D'après la figure, on déduit que : 1 carré = 10 mm de hauteur d'eau. Puis on calcule le nombre de carrés présents entre les deux profils d'humidité. On obtient :

Lame d'eau infiltrée =  $10 \times 10 = 100$  mm.

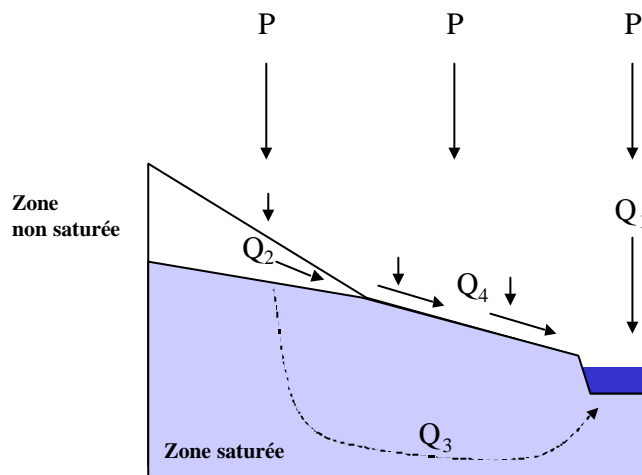
Sachant que le coefficient de ruissellement dans cette situation est de 25%, quelle est la quantité de précipitations, exprimée en hauteur d'eau, qui a provoqué la variation d'humidité observée ?

Pour simplifier le problème on fait l'hypothèse que la lame précipitée est égale à la lame infiltrée plus la lame ruisselée i.e., on pose comme hypothèse de départ que l'évaporation est nulle sur l'intervalle de temps considéré.

Connaissant le coefficient de ruissellement ( $Cr$  = lame ruisselée en mm / lame précipitée en mm) on obtient :

La lame précipitée = lame infiltrée /  $(1 - Cr) = 133.3$  mm.

- (2pts) 7. Le schéma ci-dessous présente un des processus de génération des écoulements selon les hypothèses de Helwett [Hewlett, 1961].



Définissez chacun des termes du graphique.

Q1 : Précipitations directes.

Q2 : Ecoulement de subsurface

Q3 : Ecoulement souterrain

Q4 : Ecoulement de surface par saturation

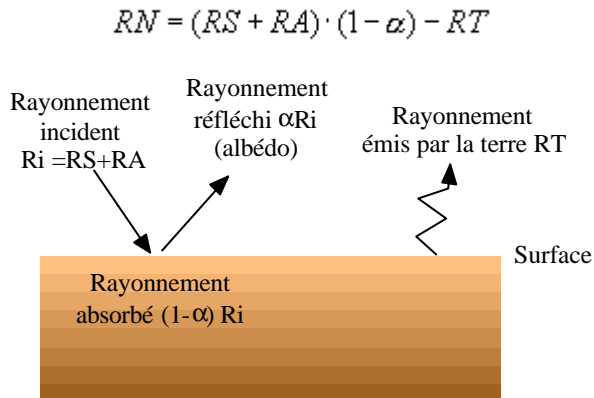
En milieu urbain, est ce que ce type de processus de génération des écoulements peut avoir lieu lors de grosses averses ? Justifier.

Deux réponses possibles suivant la justification :

- Non : On considère en général que ce type d'écoulement de surface ne se produit que dans les zones forestières et bien drainées. En milieu urbain, les sols sont généralement imperméabilisés (chaussée, toitures etc.) et l'on considère que c'est l'écoulement par dépassement de la capacité d'infiltration qui domine.
- Oui: L'écoulement sur surfaces saturées se produit lorsque la capacité du sol à stocker l'eau est épuisée et lorsque la capacité à transmettre latéralement le flux d'eau est dépassée. Cela se produit en milieu urbain lorsque le réseau d'évacuation des eaux de pluie de la ville est saturé, il peut y avoir alors inondation « par-dessous ». L'eau de pluie ne pourra plus s'infiltrer et va s'écouler en surface.

- 2pts) 8. Quel est le bilan des échanges radiatifs à la surface du sol ? Expliquez en quelques mots chacun de ces composants (vous pouvez illustrer votre propos avec un schéma).

On exprime généralement le bilan des échanges radiatifs à la surface du sol par le **rayonnement net  $RN$**  défini de la manière suivante :



$RS$  : rayonnement solaire direct et diffus atteignant le sol [ $Wm^{-2}$ ],

$RA$  : rayonnement atmosphérique dirigé vers le sol [ $Wm^{-2}$ ],

$RT$  : rayonnement terrestre [ $Wm^{-2}$ ],

$\alpha$  : albédo de la surface (pourcentage de lumière solaire réfléchi à la surface terrestre pour une zone irradiée).

9. Questions subsidiaires (cochez la (les) bonne(s) réponse(s)):

a) Pour la séparation des écoulements à l'aide d'un seul traceur isotopique, une des hypothèses d'utilisation est la suivante...

- ☐ La teneur en isotopes de la nappe doit être le même que celle des pluies.
- ☒ Le contenu isotopique de l'eau de la nappe et du débit de base doit être unique.
- ☐ La contribution de la zone non-saturée doit être importante.

b) Parmi ces affirmations, laquelle est fausse ?

- ☐ Plus la surface du bassin est grande et plus le temps de montée est important.
- ☐ Plus le réseau hydrographique est dense et plus le pic de crue est important et arrive rapidement.
- ☒ Plus la longueur du réseau hydrographique est importante et plus le temps de montée et le pic de crue seront importants.