

Hydrologie et transfert de polluants: 1. chemins de l'eau

Journée d'information SMBS: Comprendre pour Agir



D'où vient l'eau des cours d'eau?

Quels sont les chemins hydrologiques et les temps de parcours/résidence associés?

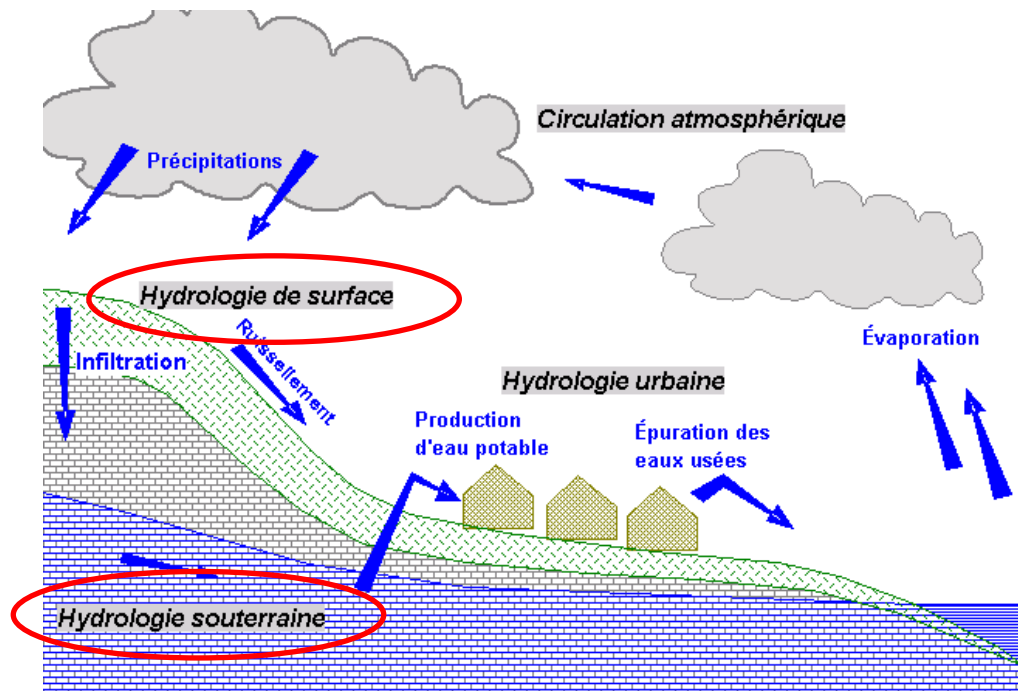
1. Les flux : le bilan hydrologique
2. Les dynamiques à différentes échelle de temps
variabilité climatique, saison et genèse des crues
3. Les écoulements et temps caractéristiques
4. Implications pour les transferts de polluants

Le cycle de l'eau

De la pluie aux rivières à la mer ... à la pluie

L'hydrologie :

- de **surface** étudie ruissellement, écoulements des cours d'eau et inondations
- de **subsurface** étudie l'interface entre eaux de surface et de profondeur
- souterraine ou **hydrogéologie** étudie les ressources du sous-sol



Le bassin versant : l'unité de base

Défini

- par un **point unique**
- par des limites topographiques mais en 3D!

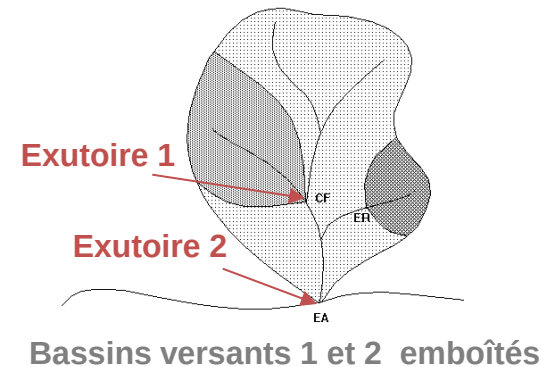
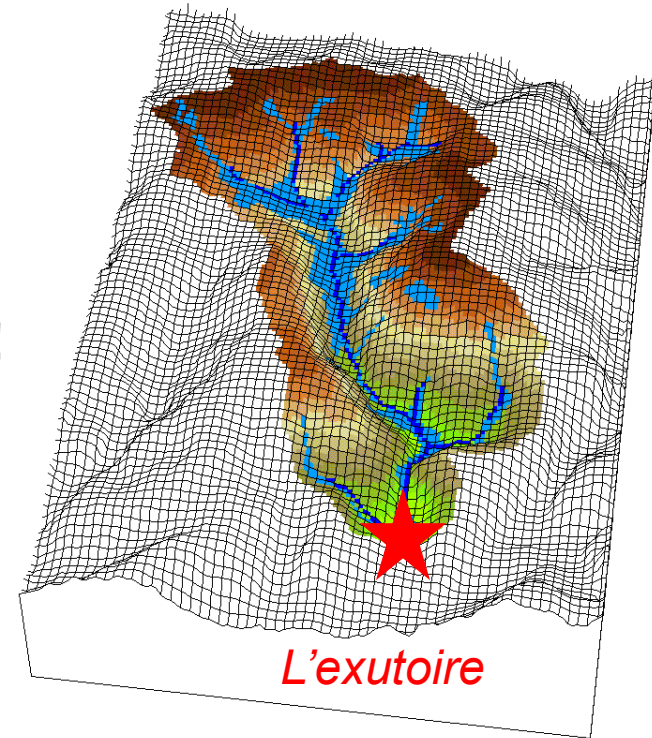
Sur cette unité on peut faire le bilan
en $[mm]=[l.m^{-2}]$

Pluie, neige

Réserves
(sol, nappe)

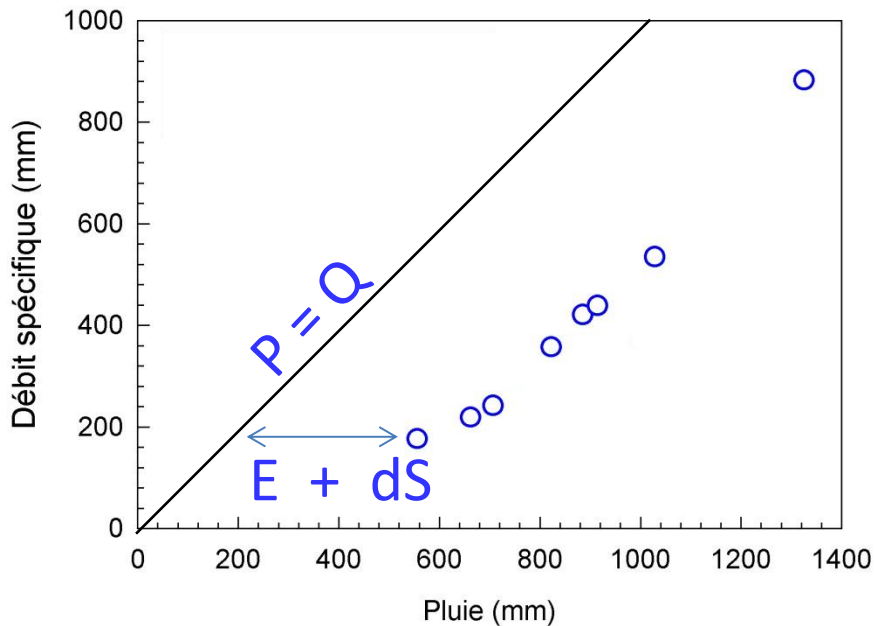
$$P = ETr + Q + \Delta S$$

Evaporation sol
Transpiration des végétaux

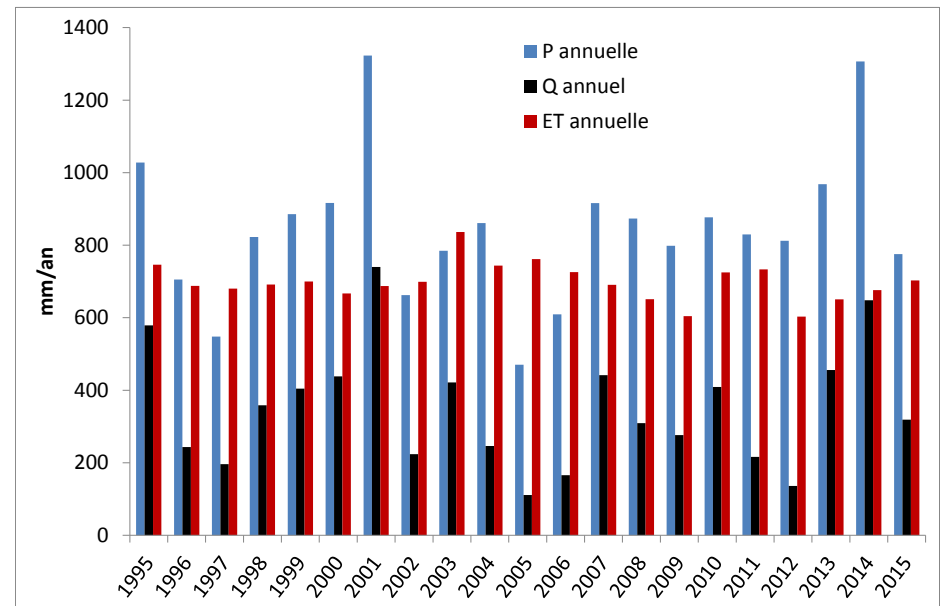


Le bilan annuel

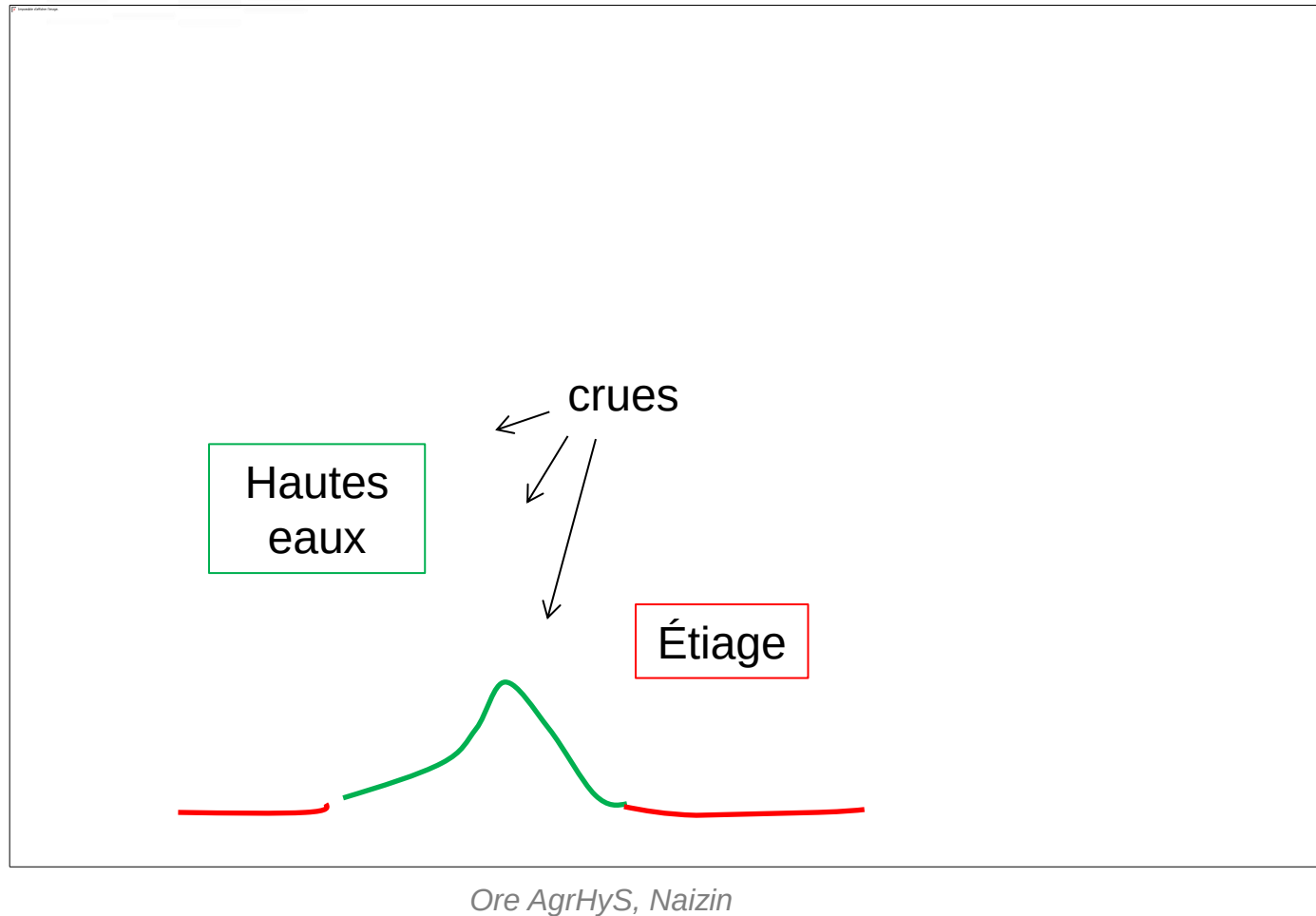
Variabilité des débits contrôlée par la variabilité des précipitations



Ore agrhys, Naizin

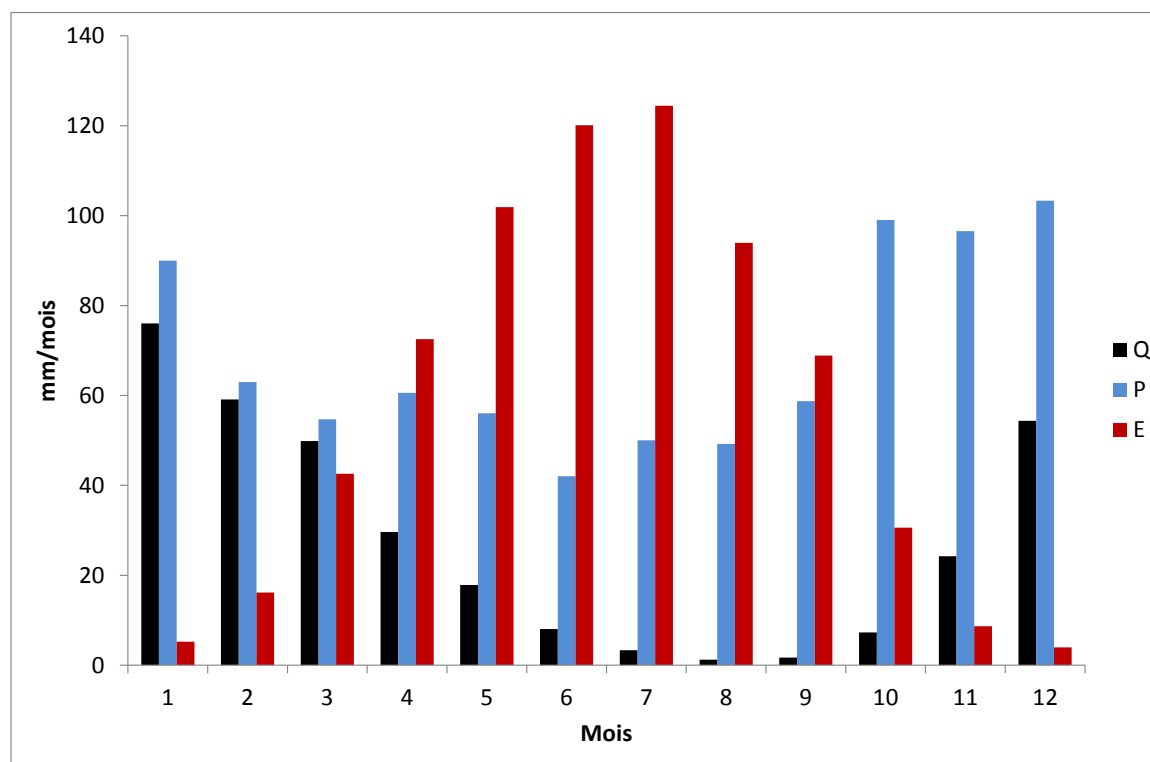


La variabilité saisonnière



La variabilité saisonnière

Variabilité contrôlée par la variabilité de l'ETr en climat tempéré océanique

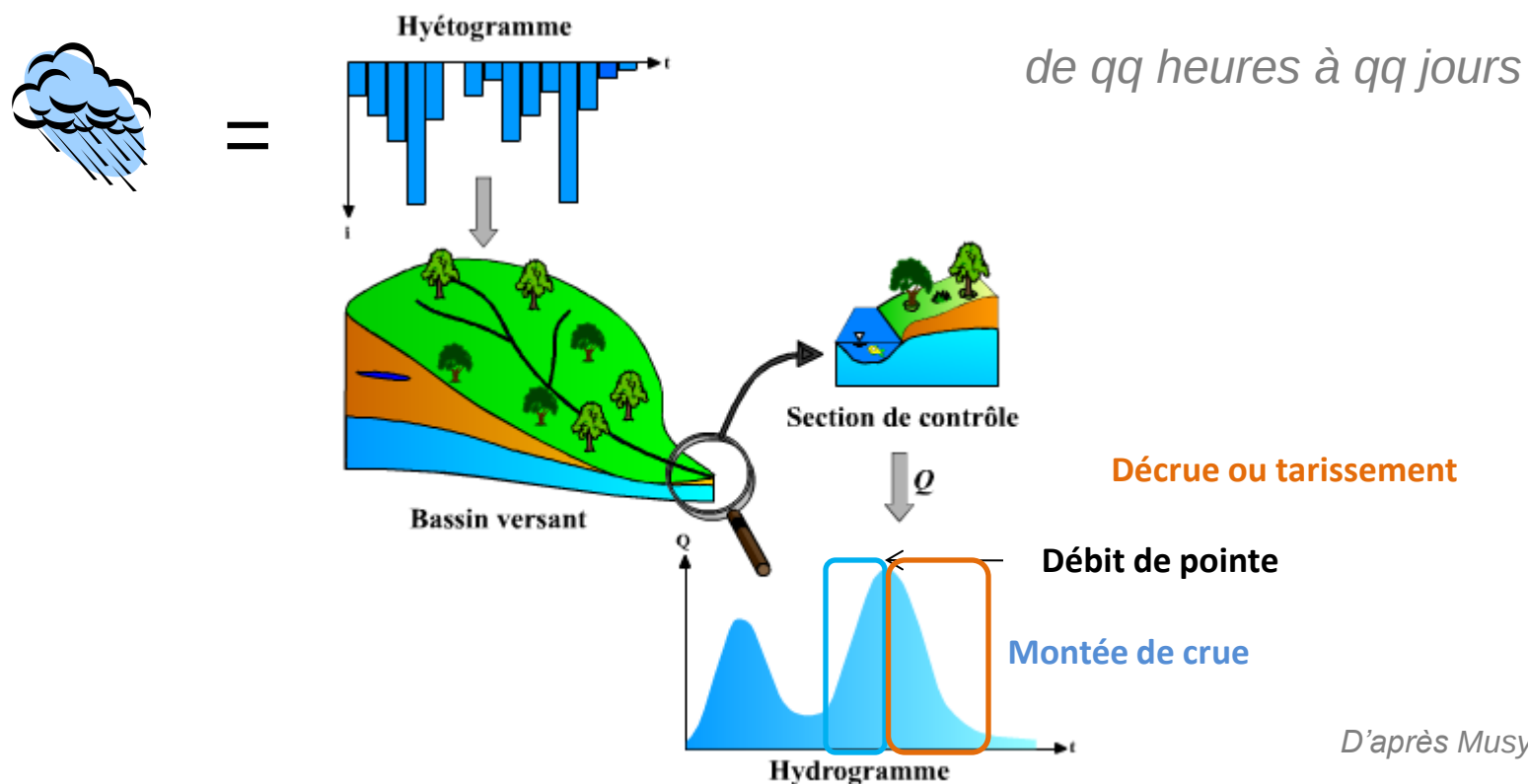


Ore AgrHyS, Naizin

Le phénomène de base : la crue

La réponse hydrologique

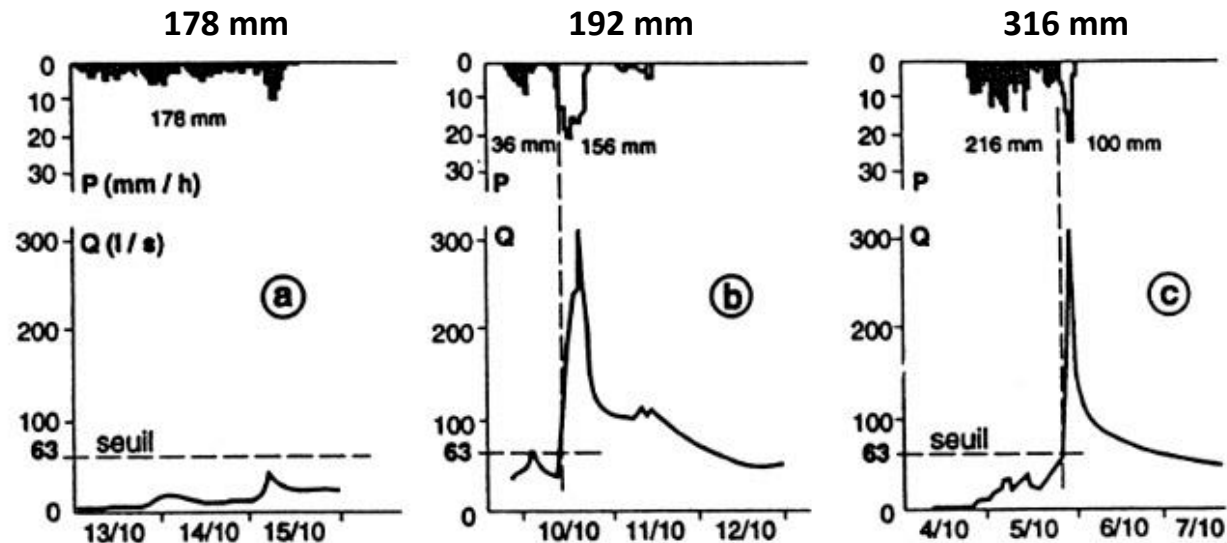
Une crue est l'augmentation plus ou moins brutale du débit et par conséquent du niveau du cours d'eau



Le phénomène de base : la crue

La réponse hydrologique

Variables selon le bassin et pour un même bassin selon l'année, la saison et la crue...



*Crues très différentes
avec deux apports
de pluie semblables*

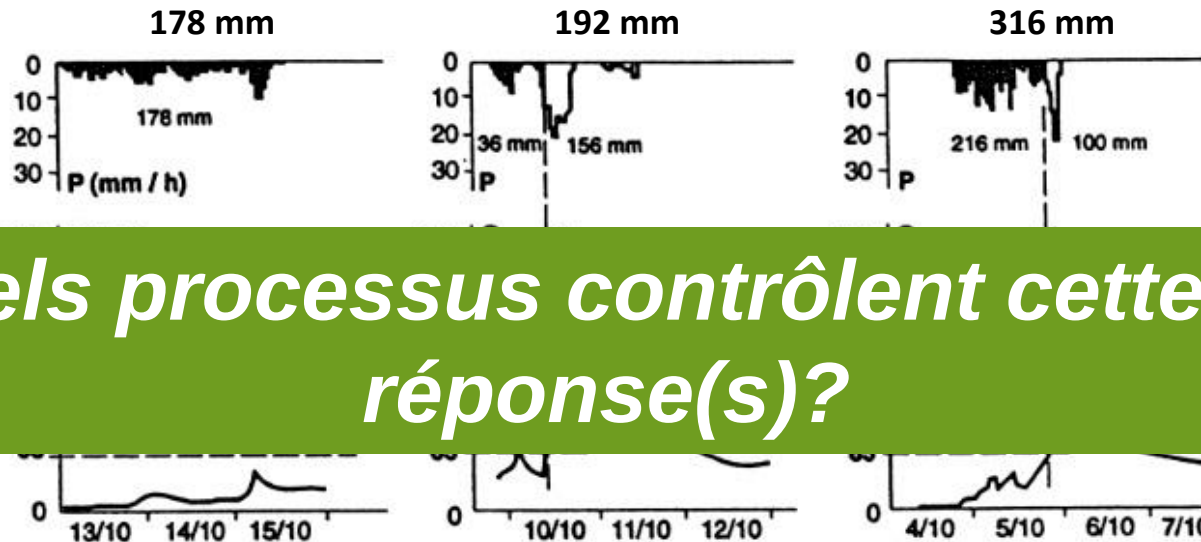
*Crues semblables
pour deux apports
de pluie différents*

*Exemple de non-linéarité des crues liées aux conditions initiales
Bassin versant de Latte (0.19 km²), Mont Lozère.*

Le phénomène de base : la crue

La réponse hydrologique

Variables selon le bassin et pour un même bassin selon l'année, la saison et la crue...



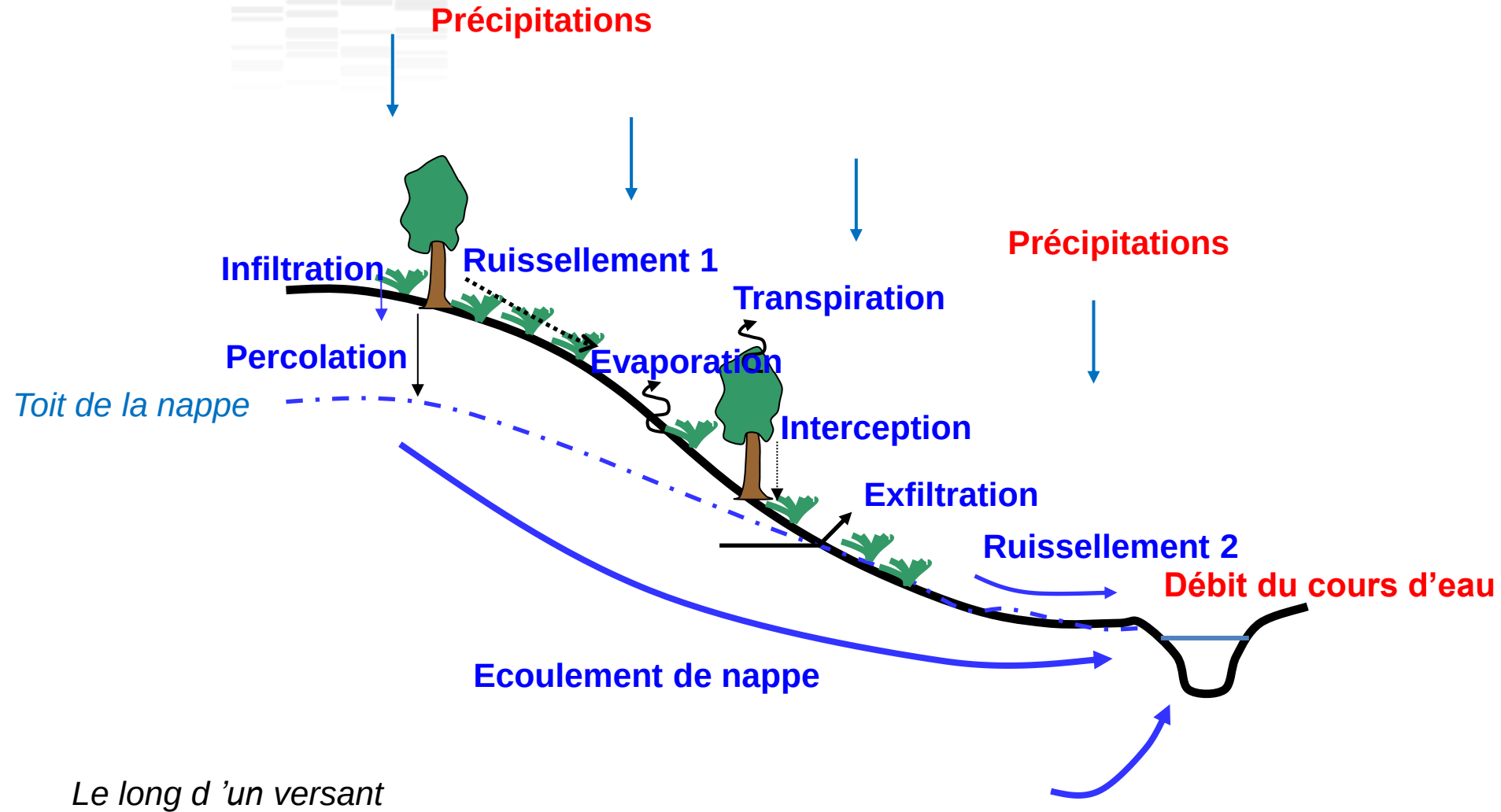
Quels processus contrôlent cette(s) réponse(s)?

*Crues très différentes
avec deux apports de
pluie semblables*

*Crues semblables
pour deux apports
de pluie différents*

*Exemple de non-linéarité des crues liées aux conditions initiales
Bassin versant de Latte (0.19 km²), Mont Lozère.*

Le processus de base : l'écoulement

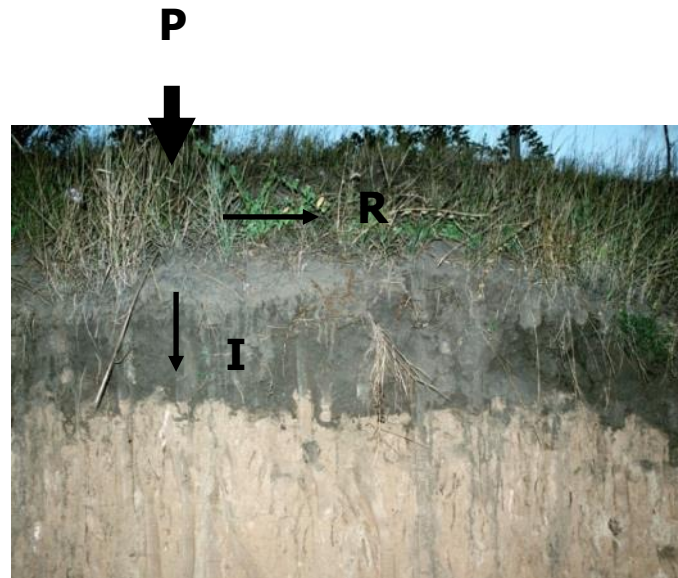


L'infiltration dans le sol

Capacité d'infiltration : flux maximal que le sol peut absorber (en mm/h)

Contrôles:

- Texture & profondeur du sol
- Etat de surface (labour)
- Humidité (varie au cours de l'évènement)



Le ruissellement hortonien

Dépassement de la capacité d'infiltration

Contrôles:

- Intensité des précipitations
- Etat de surface
- Importance du couvert végétal

Peut se ré-infiltrer en aval



Bande enherbée à l'aval d'une parcelle

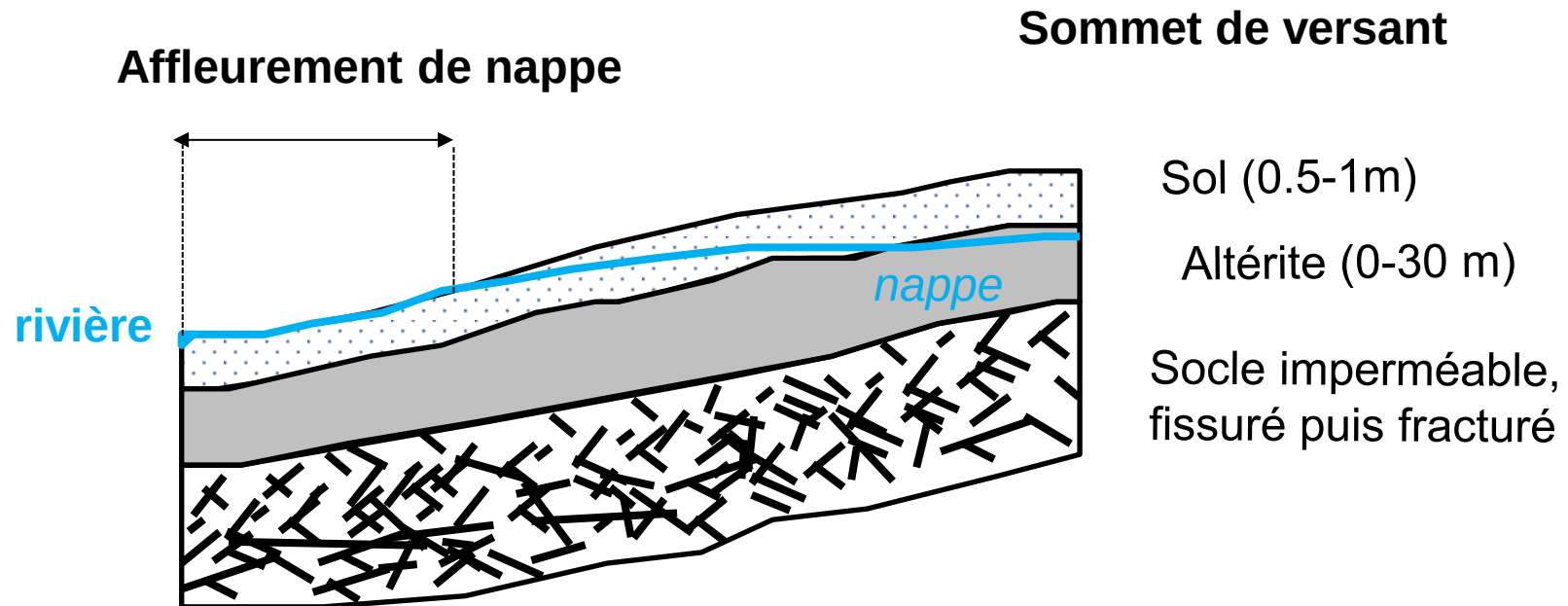


Le ruissellement sur surface saturée

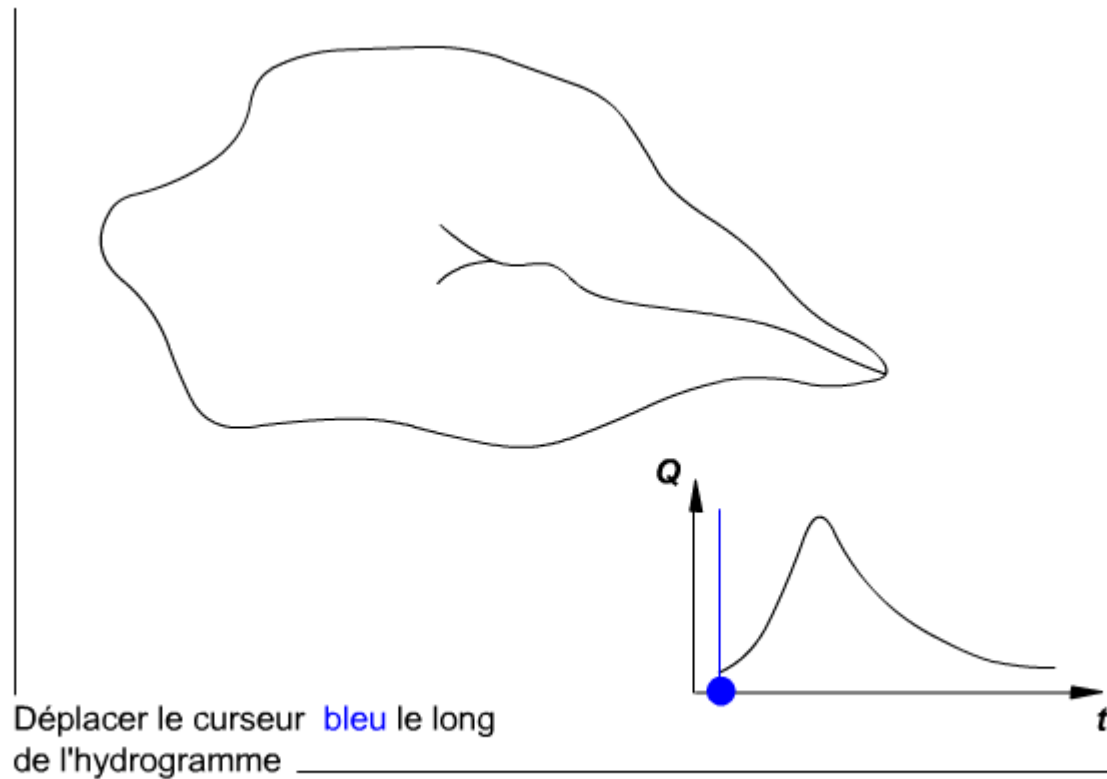
Lorsque le sol est saturé par la nappe

Contrôles:

- Niveau de la nappe
- Quantité d'eau



Le ruissellement sur surface saturée



D'après Musy

Les formes de ruissellements

Pluie de fort cumul (train d'averses...)

*Nappe proche de la surface
Capacité de stockage du sol faible (sol
peu épais)*

**Ruissellement
sur surface
saturée**

« Ruissellement d'hiver »

Pluie de forte intensité (orage...)

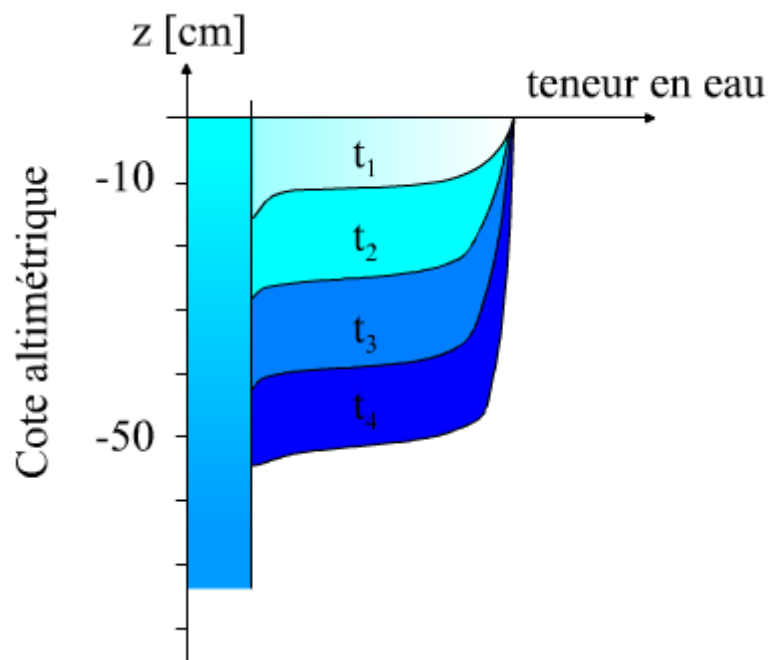
*Conductivité hydraulique faible
(sol peu perméable, croûte de
battance...)*

**Ruissellement
hortonien**

« Ruissellement d'été »

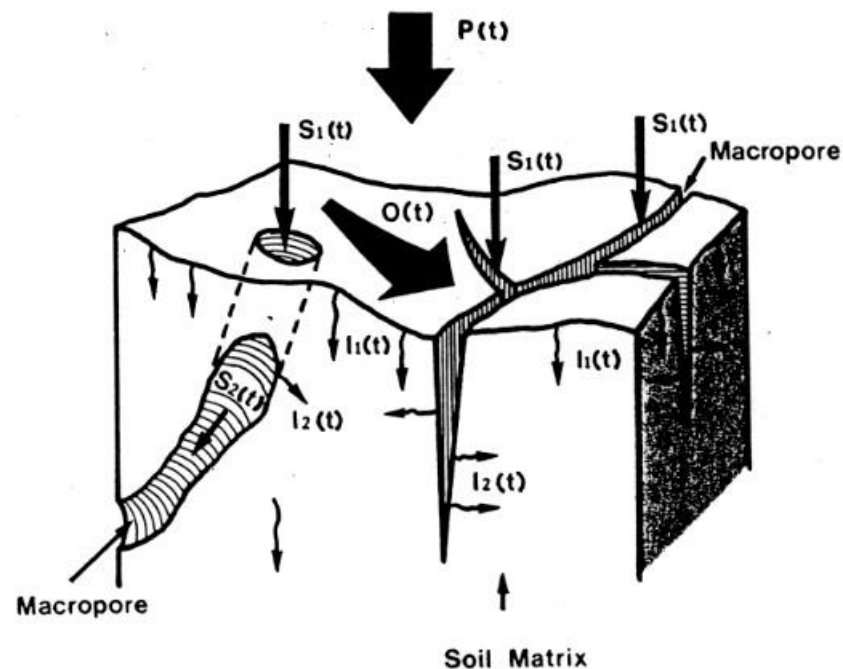
La percolation : recharge des nappes

Dans la matrice: 1-5 m/an



D'après Musy

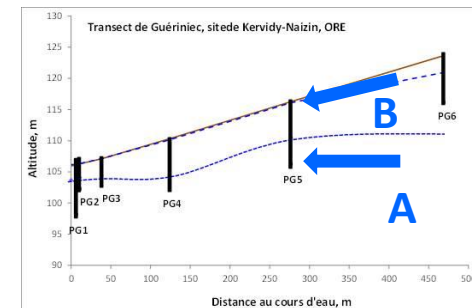
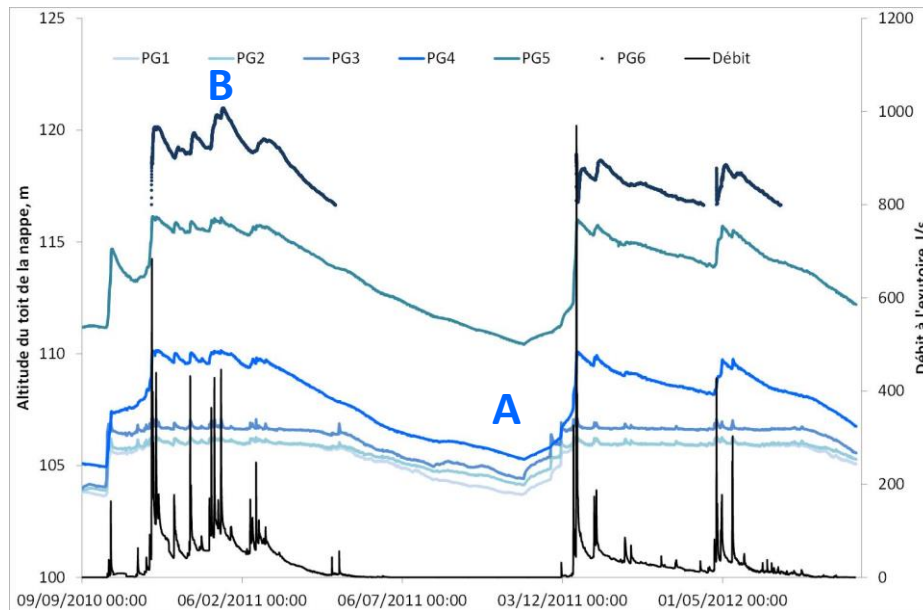
Dans la macroporosité $\sim 1\text{m/h}$



L'écoulement de nappe libre

Cas des bassins sur socle cristallin (schiste, granite)

La vitesse de l'écoulement dépend du **gradient hydraulique** (# pente topo)

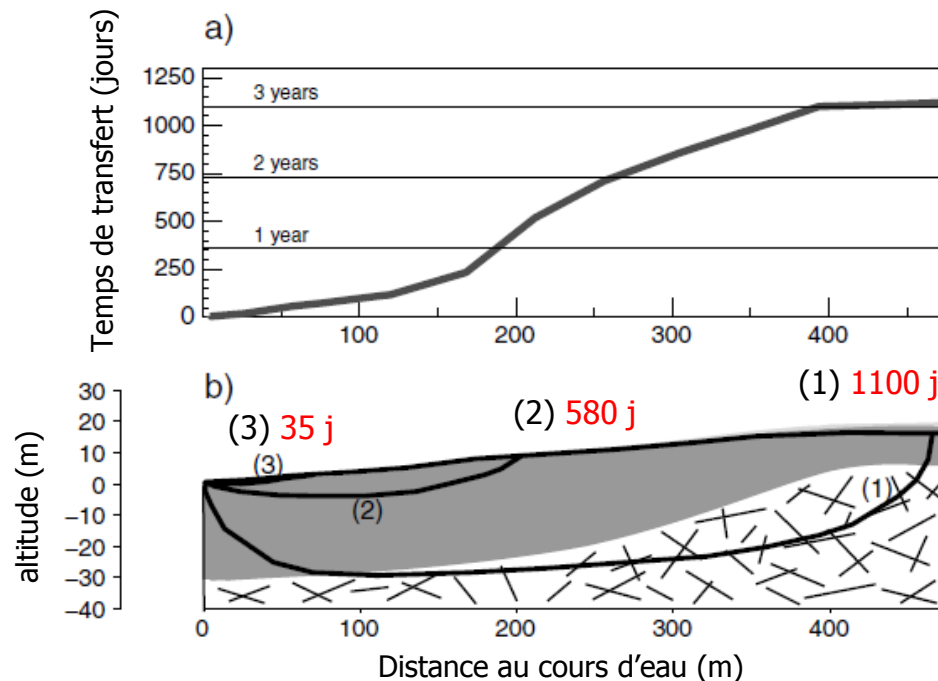


- A. Basses eaux, gradient faible ou nul
 - Peu de déplacement
- B. Hautes eaux, gradient fort
 - Déplacement rapide

L'écoulement de nappe libre

Cas des bassins sur socle cristallin (schiste, granite)

La vitesse de l'écoulement dépend du **gradient hydraulique** (# pente topo) et de la **conductivité hydraulique** de l'aquifère (ex. pour la zone de schiste altéré site de Kervidy-Naizin: $4 \cdot 10^{-6}$ à $2 \cdot 10^{-5}$ m/s)



Molénat et al., 2002

Figure 6. The three main flow paths (b) and residence times (a) of water computed by numerical modelling (MODFLOW, MODPATH) along hillslope G, at KC

Conclusion & Implication pour les transferts de polluants

Où va se stocker l'élément? Mobilité

- En surface du sol: MES, P & MO particulaires, pesticides, médicaments, métaux, bactéries...
- Dans le sol: P & MO dissous; pesticides, métaux...
- Dans la nappe: NO₃, Cl, certains pesticides

Combien de temps? Persistance

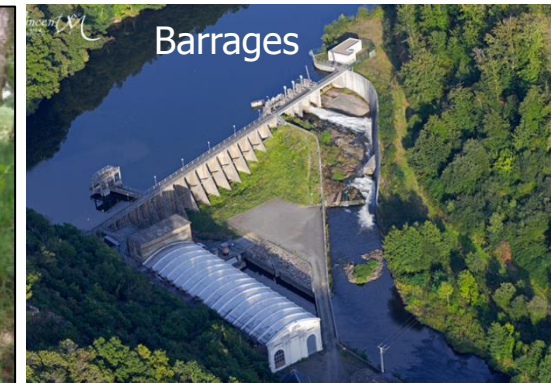
- Stables: NO₃, P, métaux
- Vite dégradés: Pesticides, médicaments?
- Variable: MO selon son origine et sa composition

!!! Transfert rapide mais discontinu > stockage éventuellement long

Conclusion & Implication pour les transferts de polluants

Temps de transfert

- Localisation des sources diffuses
- Connectivité : sources; zones humides; zones tampons; connectivité du réseau hydrographique



- Relativement au temps de réaction?