

Cycle hydrologique

Géosciences Rennes
Université Rennes 1 - CNRS



RESEB, 11 octobre 2011

Points de vue sur le débit des rivières

Aspect quantitatif intégré :

- continuum atmosphère, sol, sous-sol
- concentration de l'eau stockée sur le bassin versant

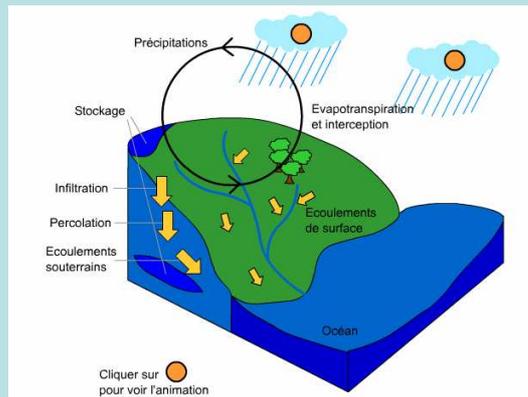
Questions :

- Quelle quantité d'eau sollicitable peut être stockée ?
- Quel est temps de réponse des structures géologiques ?

1. Hydrologie – cycle de l'eau
2. Zones de stockage
3. Flux
4. Bilan hydrologique
5. Temps de réponse et soutien d'étiage

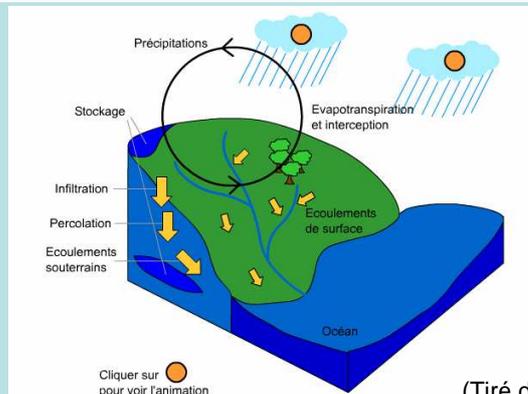
Hydrologie

L'**hydrologie** est la science qui s'intéresse à la partie continentale du cycle de l'eau, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol



Zones de stockage de l'eau

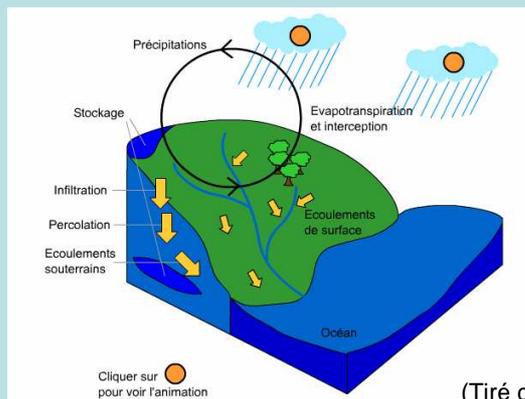
Zone de stockage	Fraction des réserves d'eau douce
Atmosphère	0,03 %
Eaux de surface	0,3 %
Eau du sol (ZNS)	0,05 %
Eaux souterraines (ZS)	30 %



(Tiré de Gleick, 1993)

Flux entre les stockages

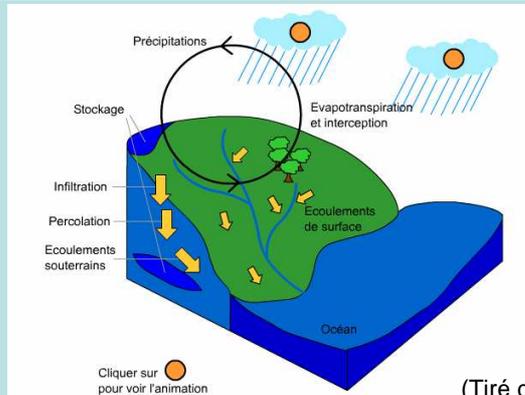
Processus	Principaux flux	Fraction du total
Précipitations	440 km ³ /an	100 %
Evaporation	270 km ³ /an	60 %
Ruissellement	70 km ³ /an	15 %
Infiltration	100 km ³ /an	25 %



(Tiré de Gleick, 1993)

Zones de stockage de l'eau

Zone de stockage	Fraction des réserves d'eau douce	Circuit de l'eau
Atmosphère	0,03 %	Rapide
Eaux de surface	0,3 %	Rapide à lent
Eau du sol (ZNS)	0,05 %	Lent
Eaux souterraines (ZS)	30 %	Lent à très lent

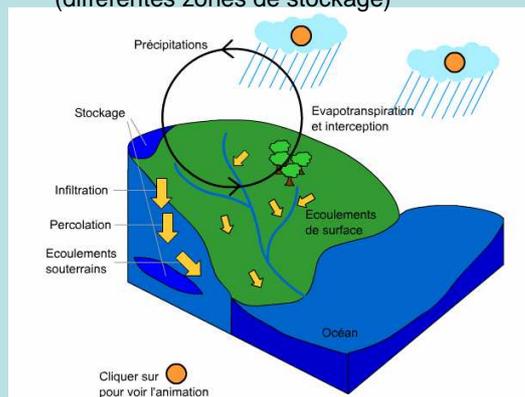


(Tiré de Gleick, 1993)

Bassin versant

Un bassin versant est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun

- Echelle unitaire
- Permet d'écrire le bilan hydrologique
- Le débit à l'exutoire intègre le comportement du bassin versant (différentes zones de stockage)



Bilan Hydrologique

$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q$$

S : Quantité d'eau stockée

P : Précipitations

ET : Evapotranspiration

Q : débit à l'exutoire

A l'échelle de l'année : les stocks sont constants,
 $P=ET+Q$

Au cours de l'année : évolution temporelle des flux

P : ~ constant sur l'année, prédominance en hiver

ET : ~ liée à la demande atmosphérique (été) et au développement végétal

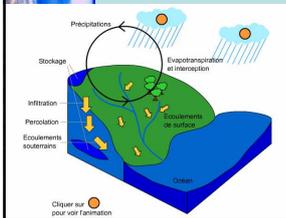
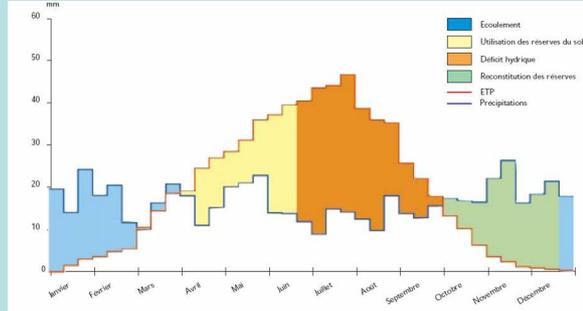
Q : ~ réaction intégrée du BV en fonction de la quantité d'eau stockée

La concentration des stocks d'eau disponibles et sollicitables alimente les cours d'eau

Bilan Hydrologique

Au cours de l'année : cas de la Seiche à Bruz

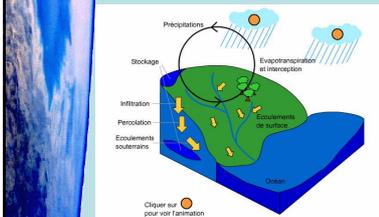
$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q$$



Débit et identification des processus



- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| Ecoulements rapides (~ 1j) : | écoulements de surface |
| Ecouements interm. (~10 j) : | écoulements de sub-surface |
| Ecouements lents (~ 30 j) : | écouements souterrains |



Débit et identification des processus



Écoulements rapides ($\sim 1j$) : écoulements de surface
Écoulements interm. ($\sim 10j$) : écoulements de sub-surface
Écoulements lents ($\sim 30j$) : écoulements souterrains

Temps de réponse : correspond à la réponse du système étudié à une perturbation instantanée (comportement transitoire). Le temps de réponse caractérise alors l'ordre de grandeur du temps au bout duquel le nouvel équilibre est atteint.

Débit et identification des processus



Écoulements rapides ($\sim 1j$) : écoulements de surface
Écoulements interm. ($\sim 10j$) : écoulements de sub-surface
Écoulements lents ($\sim 30j$) : écoulements souterrains

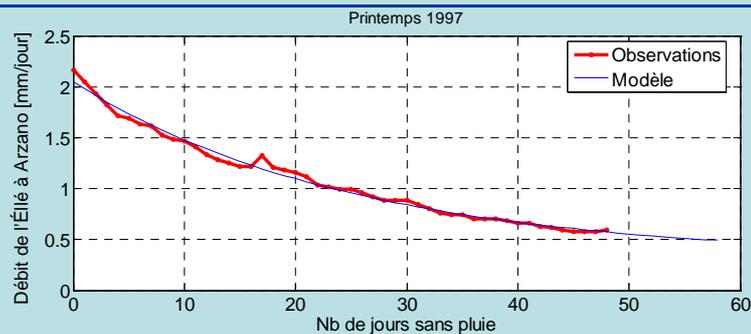
Temps de réponse : correspond à la réponse du système étudié à une perturbation instantanée (comportement transitoire). Le temps de réponse caractérise alors l'ordre de grandeur du temps au bout duquel le nouvel équilibre est atteint.

Capacité de stockage : quantité maximale d'eau qui peut être stockée dans un système physique

Les systèmes aquifères

- Le soutien de l'étiage est principalement assuré par les systèmes aquifères (et les aménagements humains)
- En Bretagne :
 - les formations sédimentaires sont limitées en extension et en profondeur
 - les principales ressources en eau sont stockées dans des systèmes fracturés
 - > fortes hétérogénéités latérales
 - > transfert potentiel entre bassins

Détermination des temps de réponse



Bassin versant	No. Station	Surface	Temps de réponse	Non-linéarité
La Laïta à Quimperlé	J4902012	832 km ²	40 jours	0.71
L'Isole à Scaër	J4803010	97.3 km ²	45 jours	0.84
L'Ellé à Lanvénegen	J4742015	513 km ²	60 jours	0.70
L'Ellé au Faouët	J4712010	145 km ²	33 jours	0.64
L'Oust à Saint-Gravé	J8502310	2465 km ²	40 jours	0.45
La Seiche à Bruz	J7483010	820 km ²	45 jours	0.66

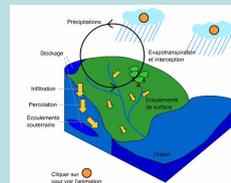
Modélisation hydrologique : une nécessité

Concernant les zones de stockage

- Hétérogénéité marquée des milieux géologiques en Bretagne
 - Distribution limitée des aquifères sédimentaires (capacitif)
 - Zones d'écoulement privilégiées (aquifère transmissif)
- Grande incertitude sur les capacités de stockage

Concernant les flux entre les zones de stockage

- Système couplé, fortes interactions entre les processus
- Impact non négligeable des aménagements anthropiques
- Pression climatique à prendre en considération



Merci pour votre attention



Ivan Aïvazovski (1841).

Pression anthropique et climatique

A l'équilibre
Sous pression

$$\begin{cases} P - ET - Q = 0 \\ P + \Delta P - (ET + \Delta ET) - (Q + \Delta Q) - I = \frac{dS}{dt} \end{cases}$$

Prélèvements : I

Conditions climatiques non stationnaires : ΔP , ΔET , ΔQ



$$\underbrace{\Delta P - \Delta ET - \Delta Q - I}_{\text{Climatique}} = \frac{dS}{dt}$$

Climatique

Anthropique

Bassin versant

Natural hydrological system

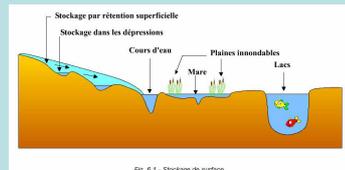
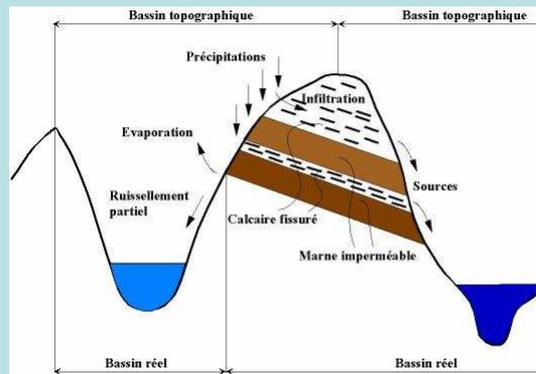
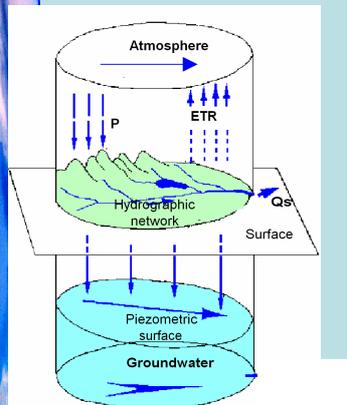


Fig. 6.1 - Stockage de surface.