

## Exemple de démarche de modélisation simple : Application à l'impact des activités humaines sur le cycle global de l'eau

Extrait de : <http://eduterre.inrp.fr/eduterre-usages/outils/modelsig/modeliser>

**L'objectif** est de disposer de modèles à des fins pédagogiques pour :

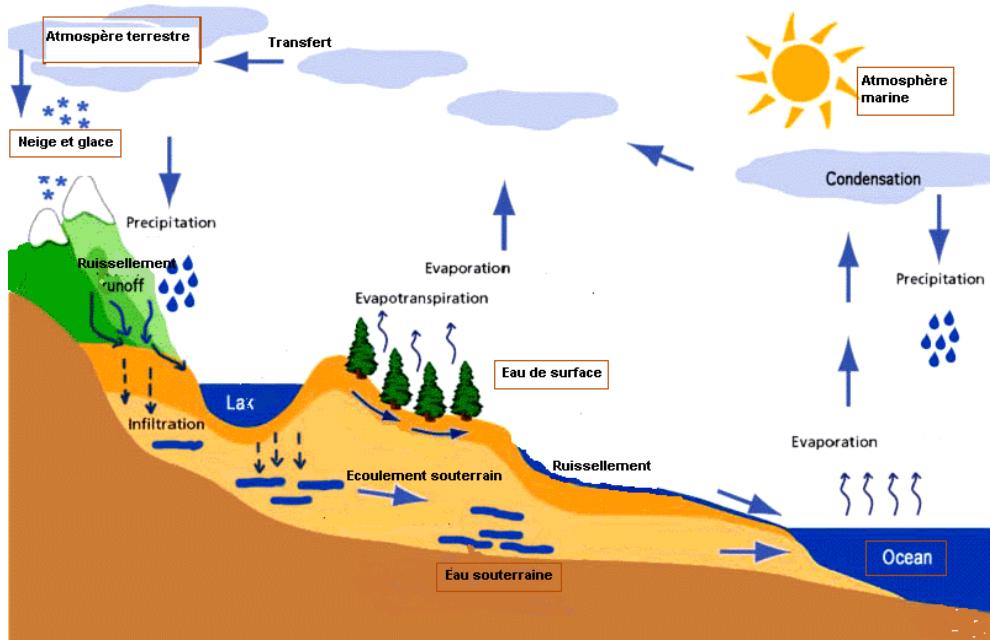
- Faire comprendre, illustrer les phénomènes qui jouent un rôle majeur dans le cycle global de l'eau,
- Observer l'impact des activités humaines sur ce cycle,
- Initier les élèves à une démarche de modélisation, à la prise de conscience de sa puissance et de ses limites.

### 1. Construire le cycle global de l'eau

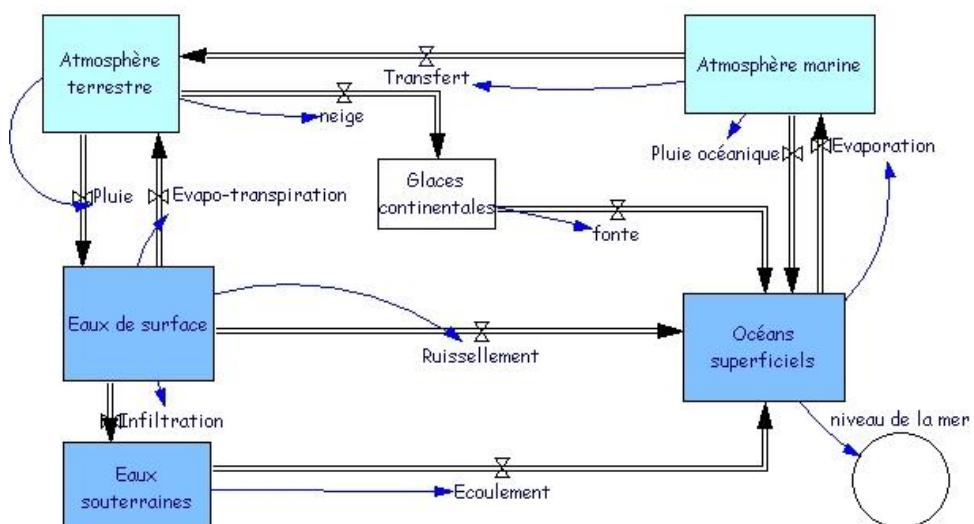
#### Première étape : Réservoirs et flux

Lister / définir dans une optique de simplification par rapport à la réalité :

- les réservoirs
- les flux



*Cycle global de l'eau*



### Deuxième étape : Rechercher les valeurs numériques actuelles

Il y a conservation de la masse d'où l'importance d'utiliser des unités de masse et non de volume :  $10^{15}$  kg.

Nous supposons le cycle actuellement à l'équilibre en absence de perturbations

Réservoirs	Masse d'eau (X $10^{15}$ kg)	Pourcentage approximatif
Eau salée		
Océans :		
océan superficiel	50 000	
Thermocline	460 000	
Abyssal	840 000	
Total	1 350 000	97.4
Eau douce		
Atmosphère marine	11	0.0008
Atmosphère terrestre	4.5	0.0003
Eaux de surface	275	0.02
Eaux souterraines	8 200	0.59
Neige, glaciers, permafrost	27 500	1.98

Données de Chahine, 1992, The hydrological cycle and its influence on climate, Nature, v. 359, p. 373-380; Gleick, P.H., 1993, Water in Crisis, Oxford Univ Press, N.Y

L'eau se déplace entre ces réservoirs par différents processus.

Processus	Flux (X $10^{15}$ kg/an)
Evaporation des océans	435
Evaporation-transpiration terrestre	71
Précipitation sur les océans	398
Transfert de l'atmosphère marine vers l'atmosphère terrestre	37
Précipitation (pluie) sur la terre	107
Précipitation (neige) sur la terre	1
Fonte des neiges	1
Ruisseaulement	34
Infiltration	2
Ecoulement souterrain	2

Données modifiées de Chahine, de 1992, et de Gleick, P.H., 1993, pour créer un modèle d'état d'équilibre.

### Troisième étape : Equations simples

On considère que les flux sortant d'un réservoir sont proportionnels à la masse d'eau du réservoir (cinétique du premier ordre).

$$F = M/M_i \times F_i$$

$F$  = flux sortant,

$M$  = masse d'eau du réservoir

$M_i$  = Masse d'eau initiale

$F_i$  = flux initial

Si votre modèle fonctionne à l'équilibre, faire un coller/copier vers une autre page pour ajouter les activités humaines.

## 2. Impacts des activités humaines sur le cycle global de l'eau

Pour chaque activité humaine nous nous interrogerons sur :

- la façon de modifier (le plus simplement possible) le modèle.
  - les conséquences prévisibles, flux, masse d'eau dans les réservoirs, niveau de la mer.

a. Exploitation des eaux souterraines

Ces prélevements sont estimés à  $750 \text{ km}^3/\text{an}$  (J Margat). Comment modifier le modèle pour prendre en compte ces prélevements ? Comment placer le flux ? De quel réservoir ? Vers quel réservoir ? En fait la majeure partie de l'eau qui est utilisée pour l'irrigation, l'industrie ou l'alimentation va se retrouver dans les eaux de surface.

Nous pouvons donc ajouter un flux de  $0.75 \cdot 10^{15}$  Kg/an partant du réservoir "eaux souterraines" et allant vers le réservoir "eau de surface".

b. Détournement des eaux de surface pour l'irrigation

Des évaluations récentes ont montré que le volume global détourné est d'environ  $2600 \text{ km}^3$  par an (T.Oki et S.Kane)

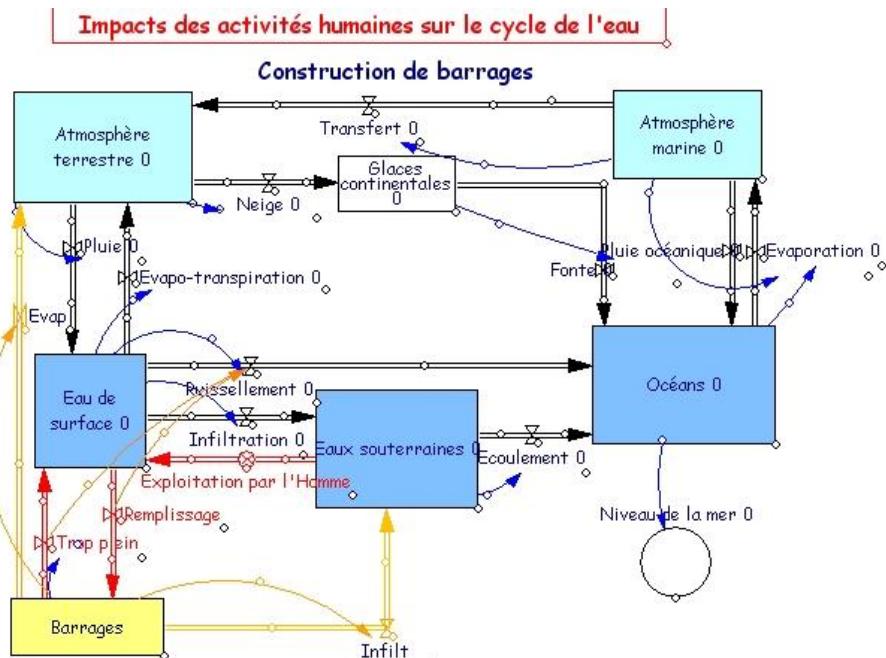
De façon très simple, nous pouvons diminuer le ruissellement de l'eau de surface de  $- 2600 \text{ km}^3$  c'est à dire de  $- 2,6 \cdot 10^{15} \text{ kg/an}$ .

Ruisseau = Eaux de surface \*(34/275)-**2.6**

### c. Construction de barrages

L'eau ne va pas simplement s'accumuler derrière les barrages, une partie va s'évaporer et une partie va s'infiltrer dans le sol. On estime que 5% chaque année s'infiltra et que 3% s'évapore. Ces chiffres sont plus importants que ceux estimés pour l'eau de surface, c'est pourquoi il est nécessaire de construire un nouveau réservoir ce qui va réduire, au moins jusqu'au remplissage total, le débit des rivières.

Par simplicité nous allons considérer que tous les barrages sont construits en même temps, que le volume d'eau retenu derrière les barrages est de  $6000 \text{ km}^3$  ou  $6 \cdot 10^{15} \text{ kg}$  et que le flux pour les remplir est de  $0.6 \cdot 10^{15} \text{ kg/an}$



d. Effets cumulatifs des activités humaines

Compléter un modèle avec les trois activités précédentes afin d'étudier l'effet net de notre utilisation des ressources en eau..

Nos expériences ont prouvé que nous devons prendre la modification humaine du cycle global de l'eau sérieusement. Mais il ne faut pas perdre de vue que les menaces pèsent surtout à des échelles régionales ou locales. Utiliser les SIG pour visualiser et superposer les ressources et les utilisations par pays. <http://eduterre.inrp.fr/eduterre-usages/outils/sig>

La prochaine étape de modélisation pourrait être d'ajouter l'influence de la température.