



UE16S5- Géographie des milieux : Les hydrosystèmes

Licence 3

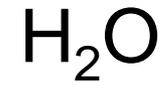
Laurent Chalumeau

CM : 12h

TD : 12h

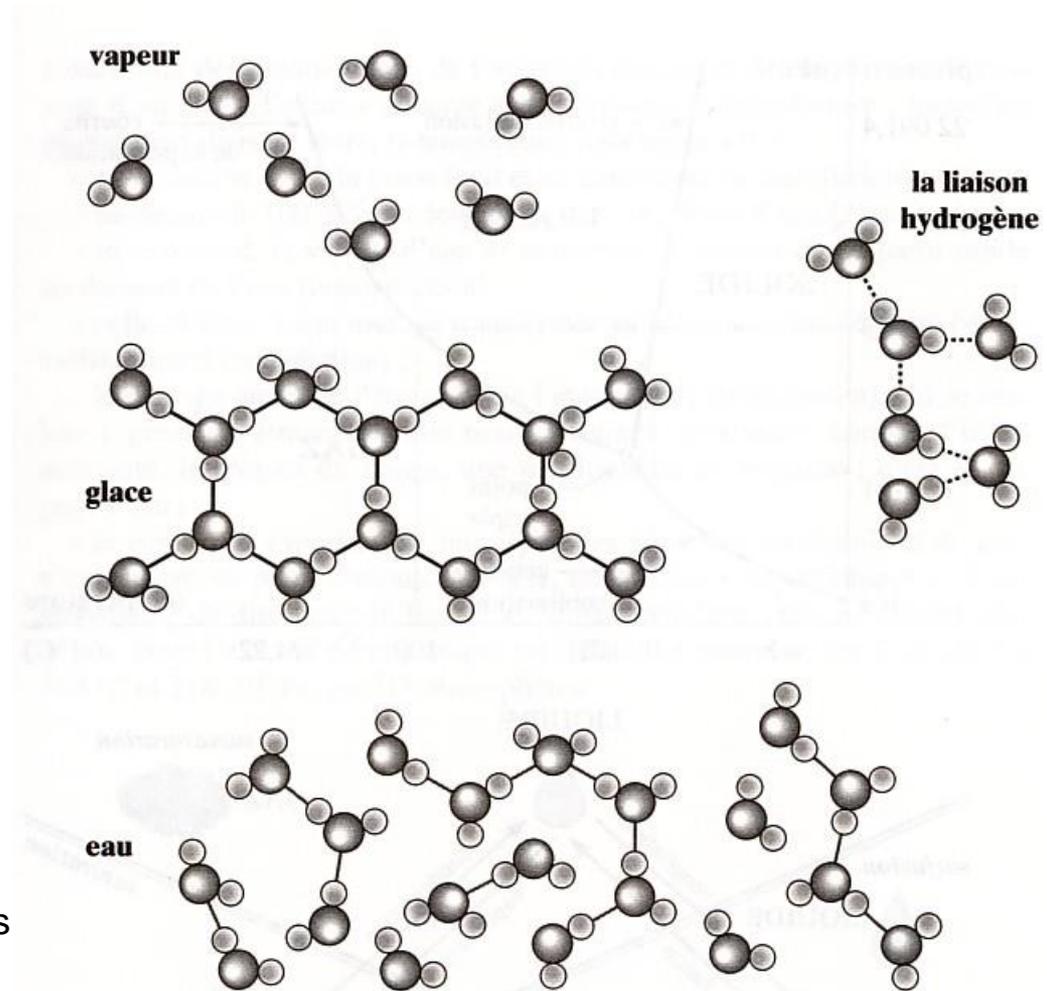
L'eau : généralités

L'eau : généralités



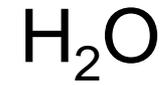
Elle se présente sous 3 états :

- solide : neige et glace
- liquide
- gazeux : vapeur d'eau



Liaisons hydrogène et les différentes dispositions des molécules d'eau en fonction de ses états

L'eau : généralités

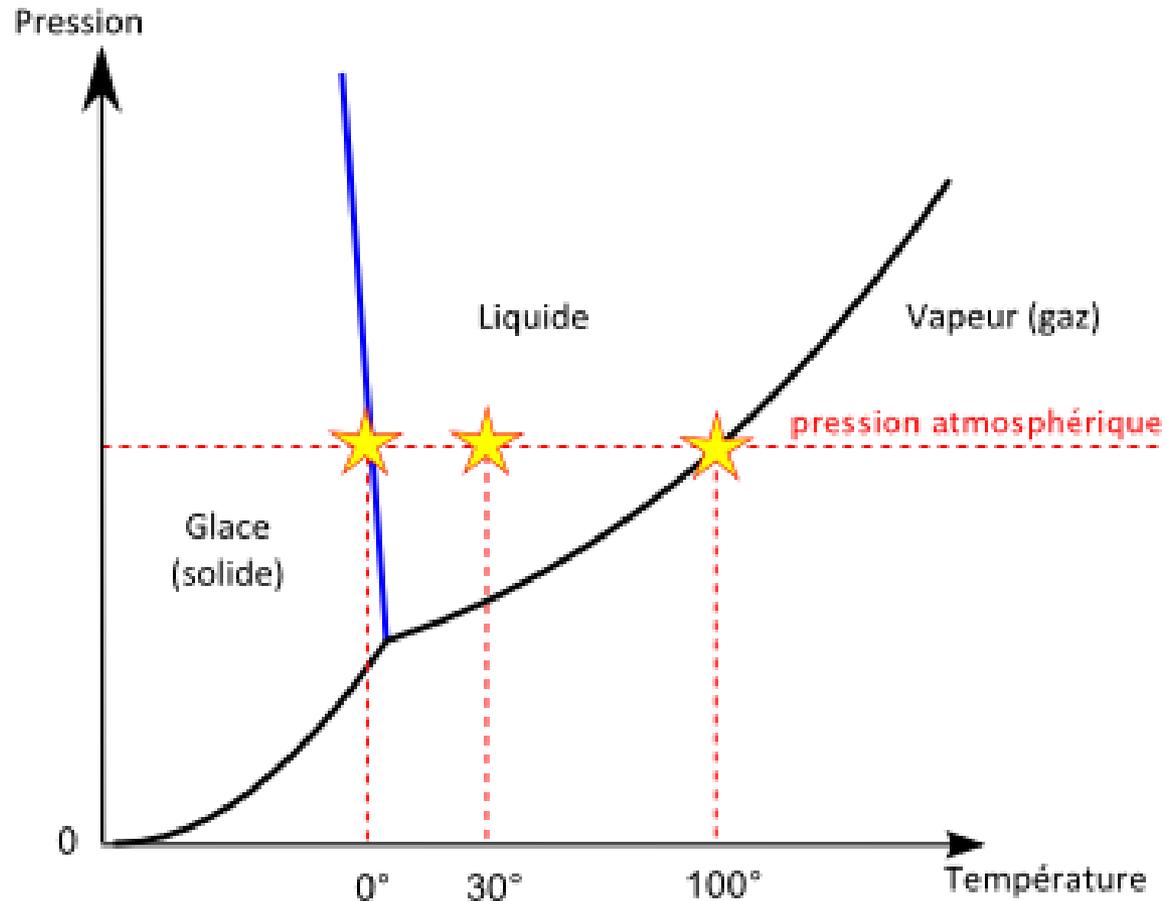


Elle se présente sous 3 états :

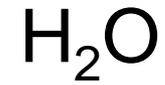
- solide : neige et glace
- liquide
- gazeux : vapeur d'eau

Le changement de phase dépend de la température, de la pression et du degré de pollution (saturation en éléments) de l'air

Diagramme de phase de l'eau



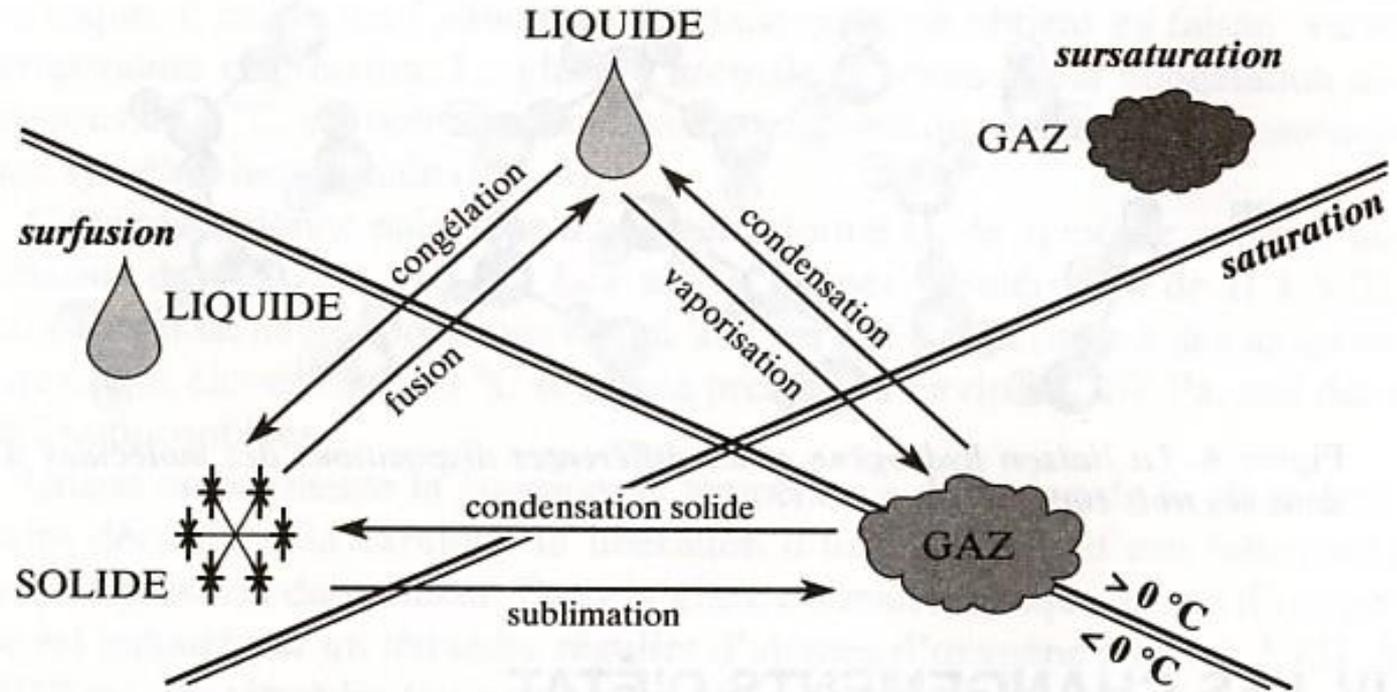
L'eau : généralités



Elle se présente sous 3 états :

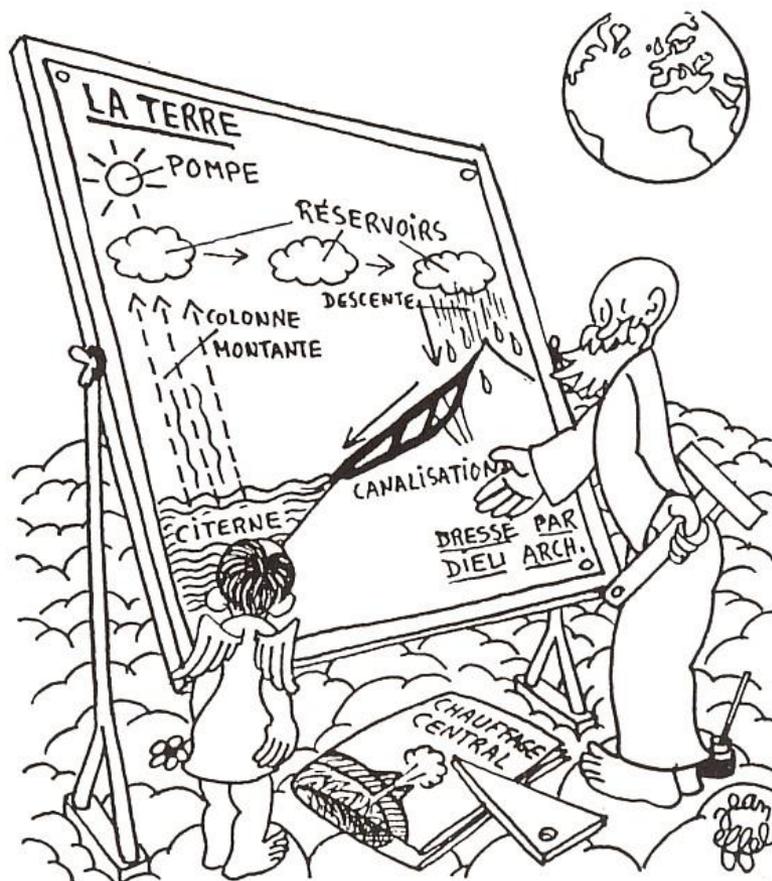
- solide : neige et glace
- liquide
- gazeux : vapeur d'eau

Le changement de phase dépend de la température, de la pression et du degrés de pollution (saturation en éléments) de l'air



Changements
d'état de l'eau

La répartition de l'eau sur terre



— Le schéma de l'installation d'eau courante ...

La répartition de l'eau sur terre

Volume totale : $1400 \times 10^9 \text{ km}^3$

Le volume est grosso modo constant

L'hydrosphère est constituée de 6 réservoirs :

Océan : $13700 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 97,25 %

Glaciers : $29 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 2,05 %

Eau souterraine : $9,5 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 0,68 %

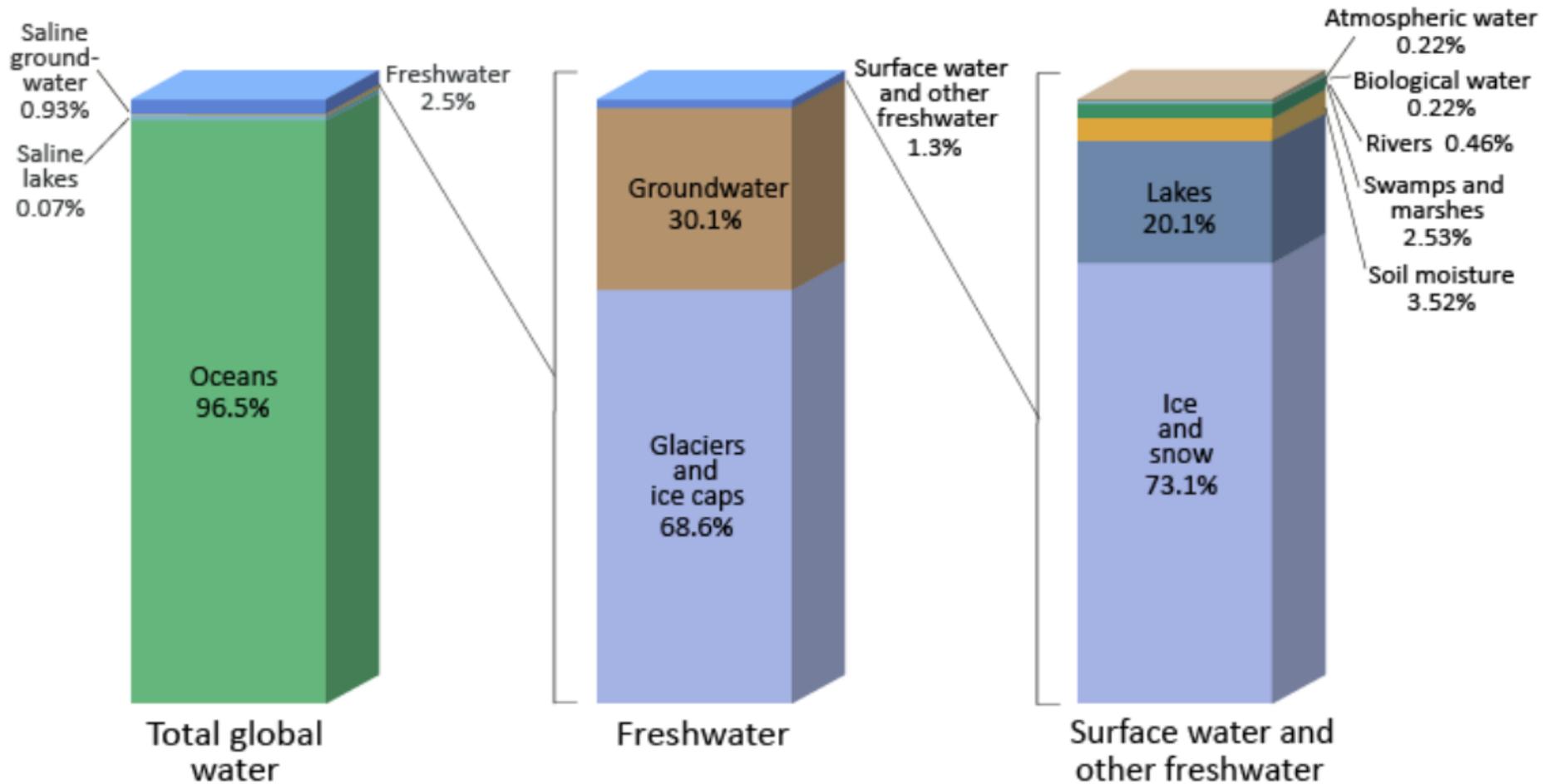
Eau de surface : $0,13 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 0,01 %

Atmosphère : $0,013 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 0,001 %

Biosphère : $0,0006 \times 10^6 \text{ km}^3$ soit 0,00004 %

La répartition de l'eau sur terre

Les réservoirs



Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*.

Le cycle hydrologique

⇒ Cycle de l'eau

Concept qui englobe les phénomènes de mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre entre les différents réservoirs

Succession des phases par lesquelles l'eau passe de l'atmosphère à la terre et retourne à l'atmosphère

=> pas de début et pas de fin

=> mécanismes concomitants et non les uns après les autres

Le cycle hydrologique

⇒ Cycle de l'eau

Echange globale : env. 40000 km³/an

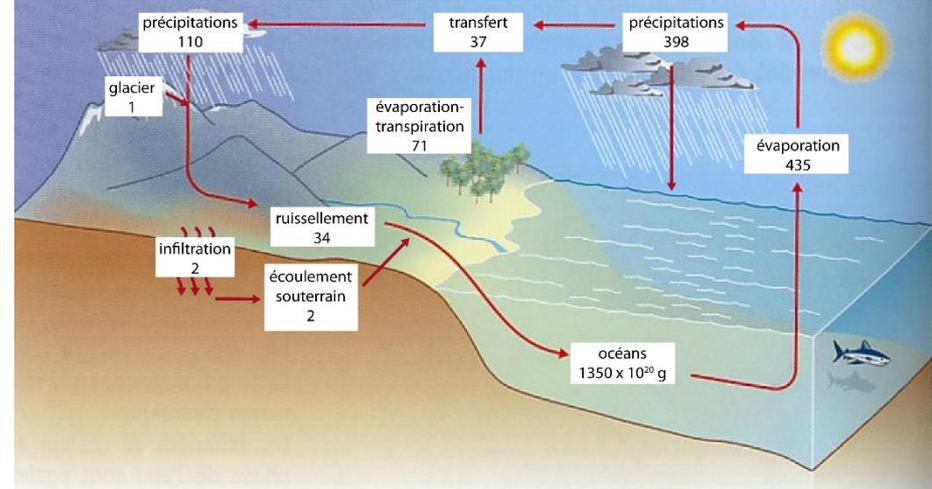
Sur les océans :

- 86 % de l'évaporation
- 78 % des précipitations

Sur les continents :

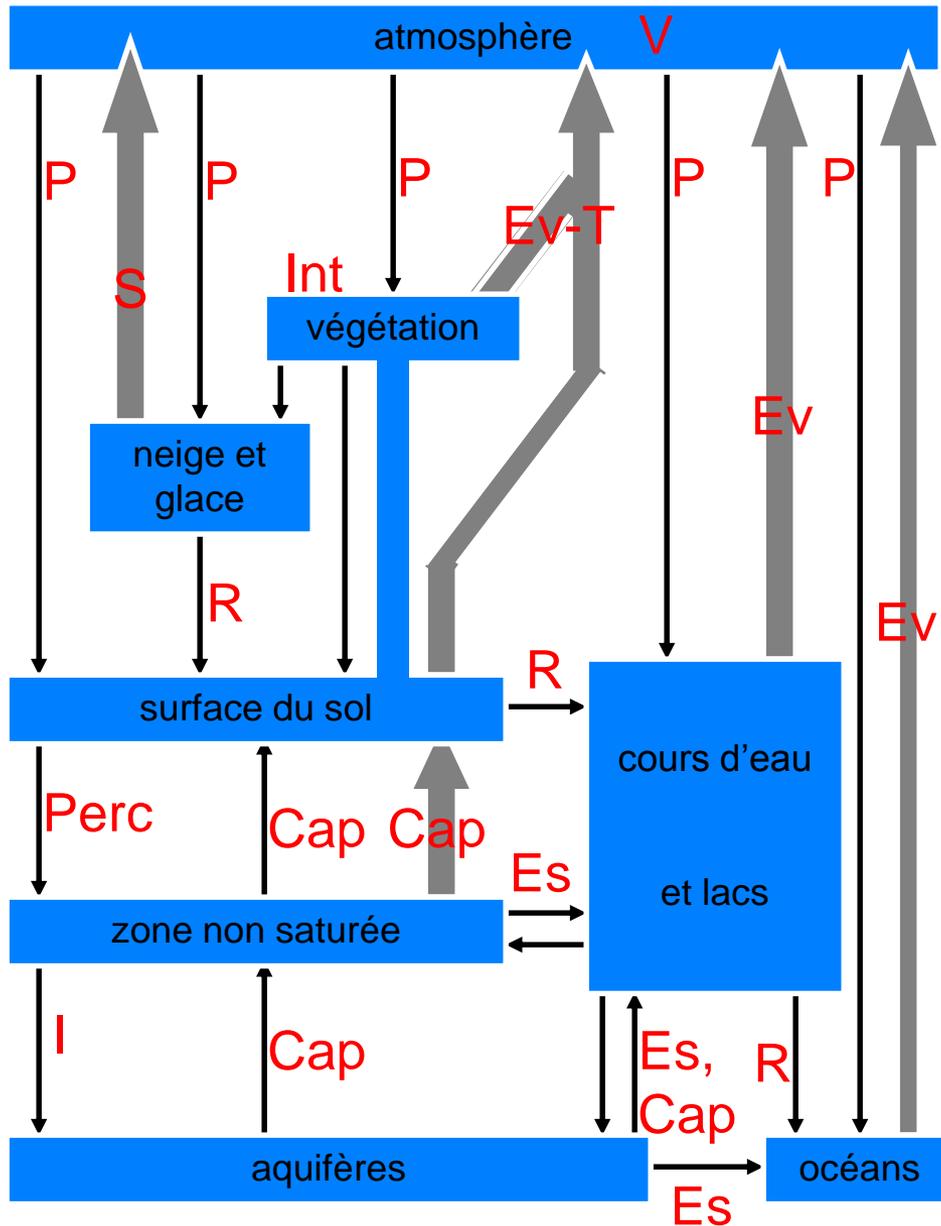
- 14 % de l'évaporation
- 22 % des précipitations

} Excès de 8% de précipitations



⇒ à l'origine des écoulements

Le cycle hydrologique



Evaporation (Ev, Ev-T)

Sublimation (S)

Précipitations (neige ou pluie) (P)

Ruissellement (R)

Vent (V)

Infiltration (I)

Interception (Int)

Percolation (Perc)

Ecoulement souterrain (Es)

Capillarité/ascension (Cap)

Le cycle hydrologique

Définition :

Evaporation : passage de la phase liquide à la phase vapeur de l'eau



Lac de Pérolles (Suisse)
<http://www.a-baechler.net>

Le cycle hydrologique

Définition :

Sublimation : passage de l'eau de l'état solide (glace, neige) à l'état gazeux de l'eau



Mt Everest
B. Pooenheimer

Le cycle hydrologique

Définition :

Evapotranspiration : évaporation et transpiration des plantes. Elle est fonction de :

- la plante
- le stade de développement physiologique et sanitaire de la plante
- du climat



Photo : J.-L. Dolmaire

Le cycle hydrologique

Définition :

Vent : déplacement de masses d'air dû à des différences de température et de pression (l'air chaud plus léger monte...).



Rafale de vent

Le cycle hydrologique

Définition :

Précipitation : toutes les eaux météoritiques qui :

- tombent à la surface de la terre que ce soit :
 - sous forme liquide : bruine, pluie, averse
 - sous forme solide : neige, grésil, grêle



Le cycle hydrologique

Définition :

Précipitation : toutes les eaux météoritiques qui :

- tombent à la surface de la terre que ce soit :
 - sous forme liquide : bruine, pluie, averse
 - sous forme solide : neige, grésil, grêle
- sont déposées ou occultes : rosée, gelée blanche, givre



Le cycle hydrologique

Définition :

Interception : Part des précipitations interceptées par la végétation et n'atteignant pas le sol

⇒ réservoir temporaire

⇒ deux possibilités :

⇒ perte : évaporation ultérieure

⇒ précipitations différées

Le cycle hydrologique

Définition :

Interception : Part des précipitations interceptées par la végétation et n'atteignant pas le sol

⇒ réservoir temporaire

⇒ deux possibilités :

⇒ perte : évaporation ultérieure

⇒ précipitations différées

Varie en fonction de la végétation et peut atteindre :

- 30% de la précipitation totale pour une forêt mixte
- 25 % dans les prairies
- 15% en cultures

Le cycle hydrologique

Définition :

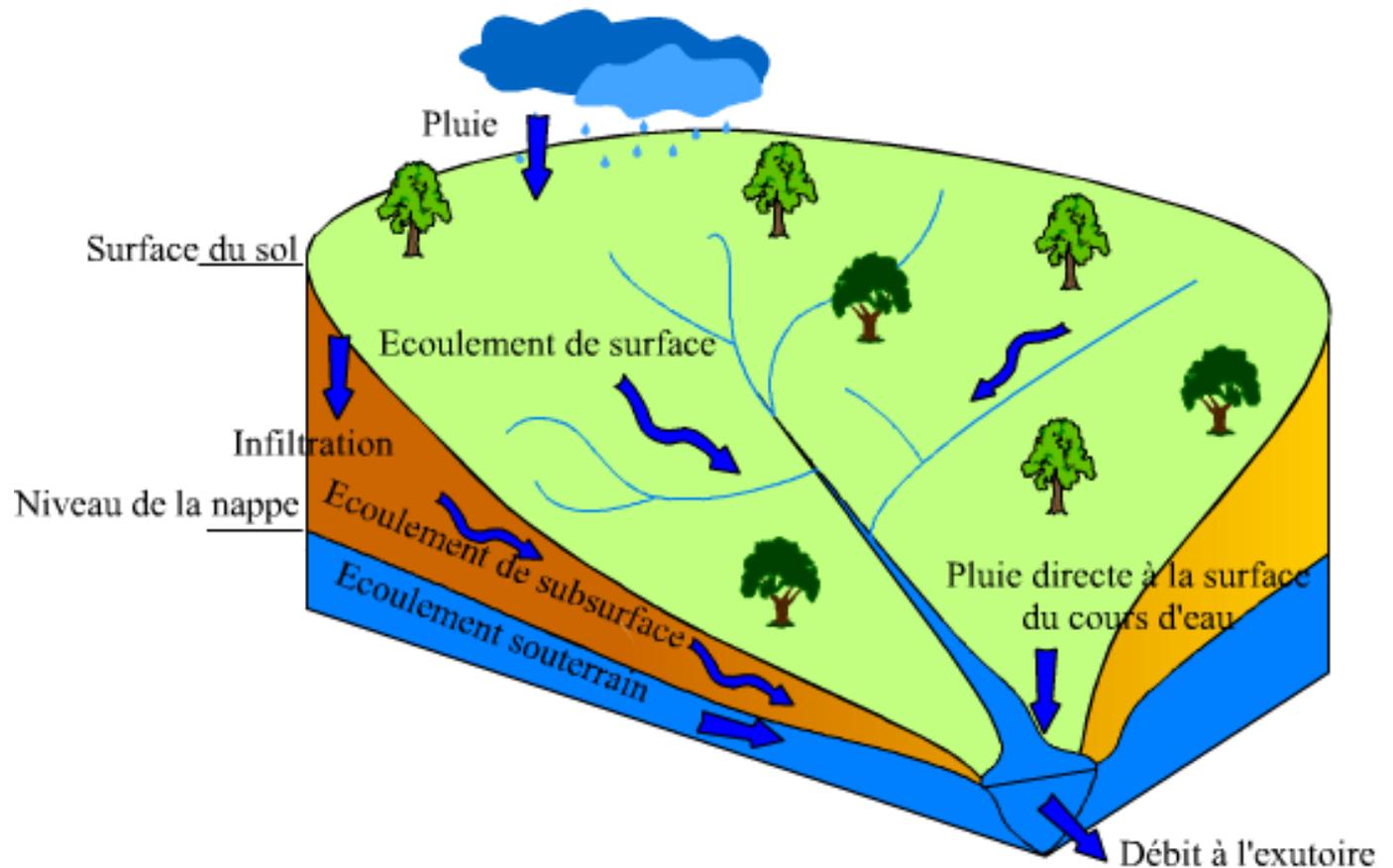
Interception : Part des précipitations interceptées par la végétation et n'atteignant pas le sol

QuickTime™ et un
décompresseur
sont requis pour visionner cette image.

Le cycle hydrologique

Définition :

Ecoulements de surface, subsurface, souterrains : l'eau s'écoule...



Le cycle hydrologique

Définition :

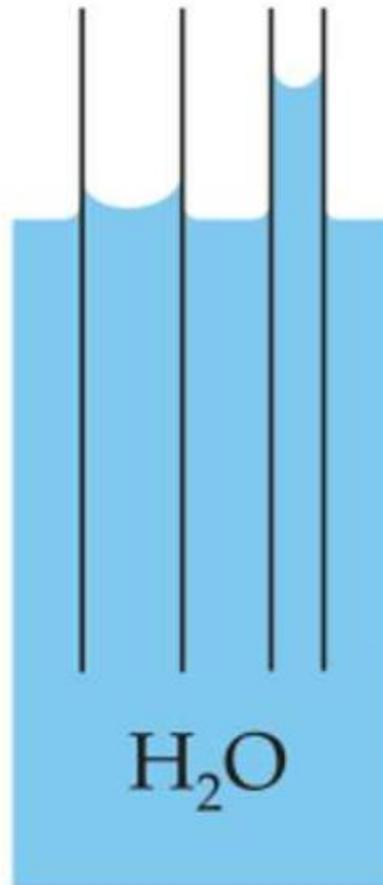
Infiltration : Mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles poreuses du sol depuis sa surface

Percolation : Ecoulement de l'eau par gravité dans le sol non saturé pour rejoindre la nappe phréatique

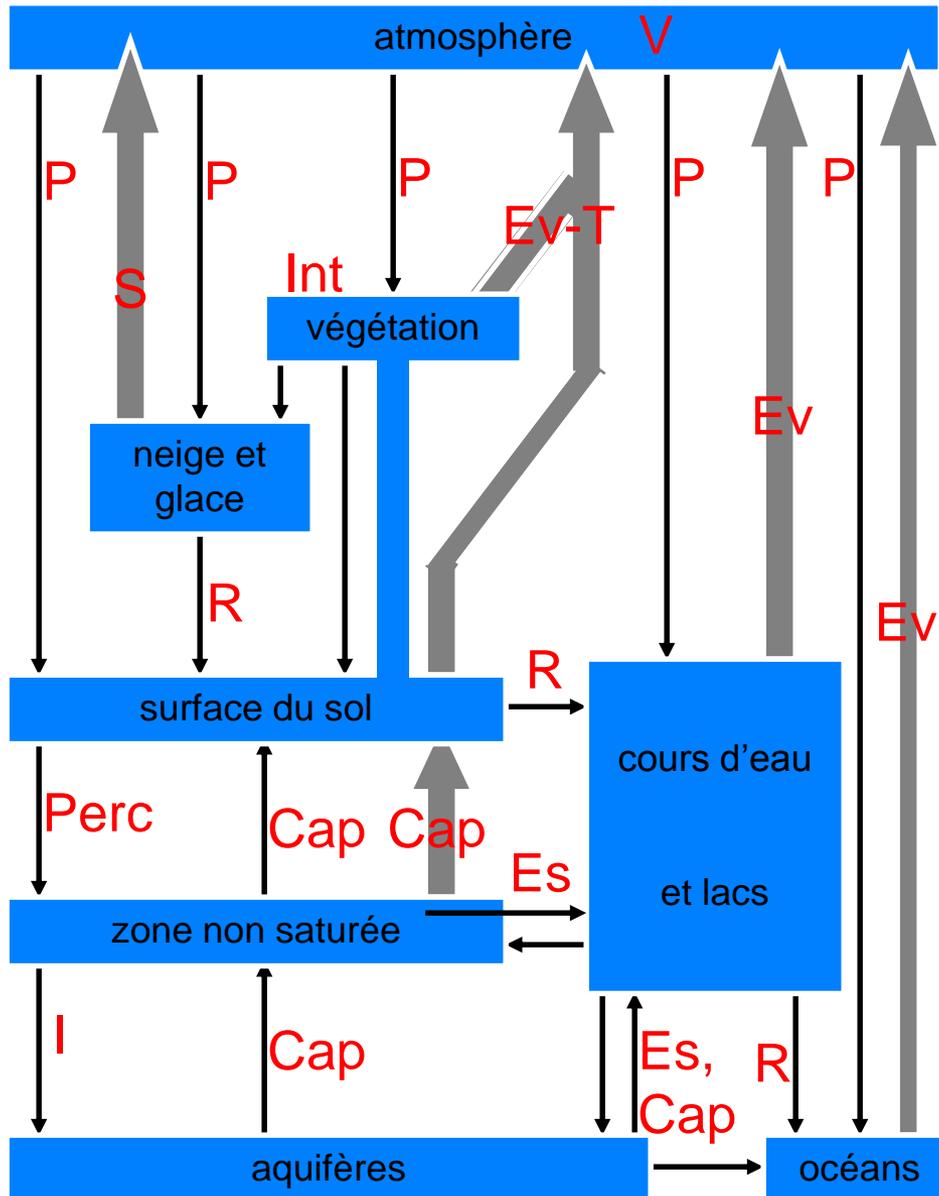
Le cycle hydrologique

Définition :

Capillarité : l'eau tend à remonter à travers le sol dans les espaces présents entre les particules ou autour des particules



Le cycle hydrologique



Evaporation (Ev, Ev-T)

Sublimation (S)

Précipitations (neige ou pluie) (P)

Ruissellement (R)

Vent (V)

Infiltration (I)

Interception (Int)

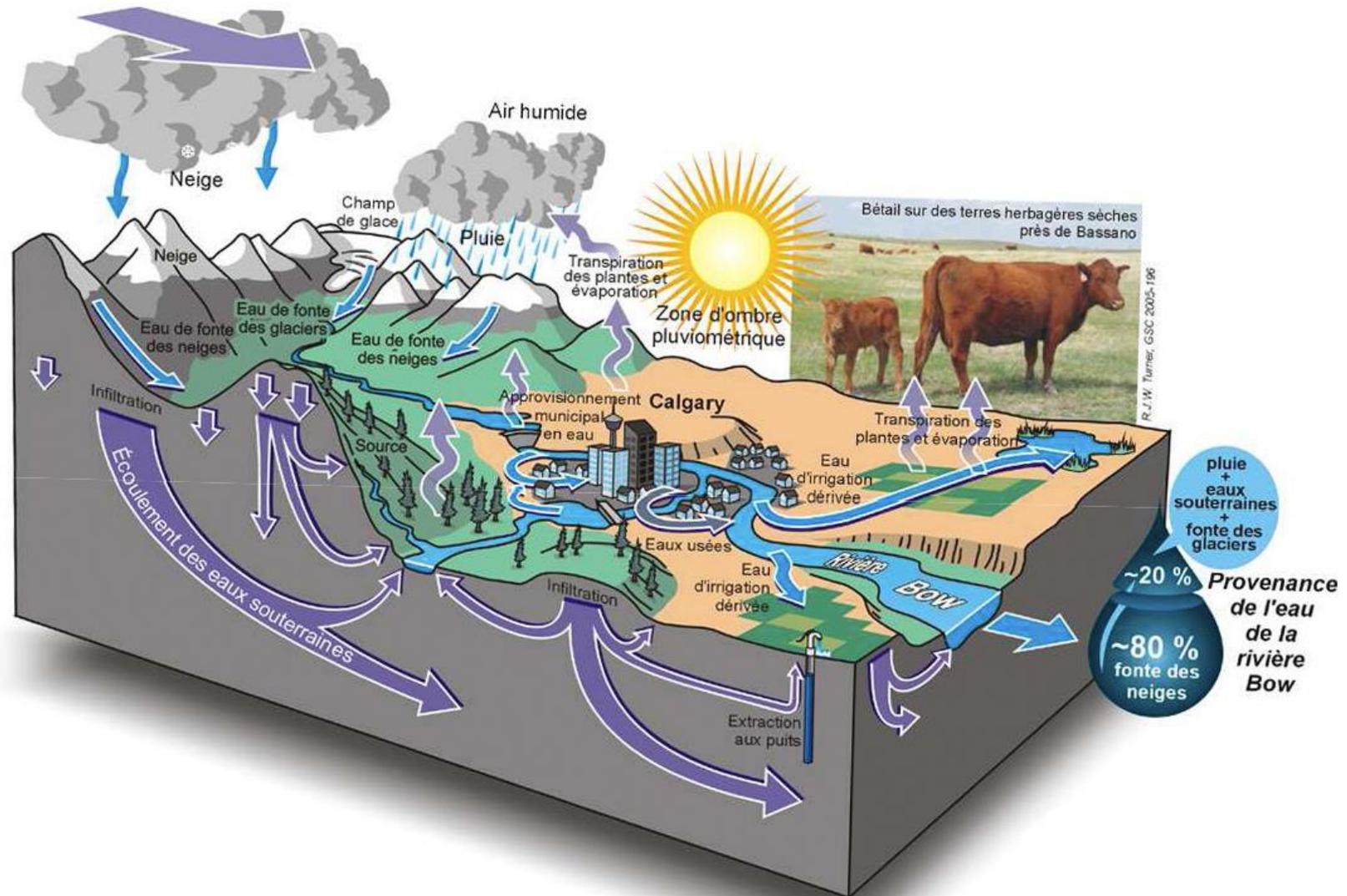
Percolation (Perc)

Ecoulement souterrain (Es)

Capillarité/ascension (Cap)

Le cycle hydrologique

Mais c'est pas si « simple » : Influences anthropiques



Le temps de résidence

Le temps de résidence (temps de séjour moyen) : vitesse de renouvellement des eaux dans un réservoir

⇒ Temps nécessaire pour apporter à un réservoir de surface ou souterrain un volume égal à sa capacité brute de stockage, sur la base de la valeur moyenne des apports.

Se calcul 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)

Le temps de résidence

Le temps de résidence (temps de séjour moyen) : vitesse de renouvellement des eaux dans un réservoir

Réservoir	Temps de renouvellement (Jacques, 1996)	Temps de renouvellement (Gleick, 1993)
Océans	2500 ans	3100 ans
Calottes glaciaires	1000 – 10'000 ans	16000 ans
Eaux souterraines	1500 ans	300 ans
Eaux du sol	1 an	280 jours
Lacs	10-20 ans	1-100 ans (eaux douces) 10-1000 ans (eaux salées)
Cours d'eau	10-20 jours	12-20 jours
Eau atmosphérique	8 jours	9 jours
Biosphère	Quelques heures	-

Répartition dans le monde

2 fois plus de terres émergées dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère sud



Pour l'eau douce :

⇒ sous forme de glace au pôle

⇒ eaux souterraines

Répartition dans le monde

Zones d'évaporation préférentielles

- régions océaniques tropicales

Zones de précipitations préférentielles :

- régions océaniques et continentales équatoriales
- chaînes de montagne de basses latitudes

⇒ le cycle de l'eau est influencé par:

⇒ répartition océans/continents par latitudes

⇒ répartition des altitudes par latitudes

Attention : la distance à l'océan joue un rôle important

Répartition entre les continents

Principaux éléments de la répartition des eaux à l'échelle du globe

Continents	Précipitations mm	Evaporation mm	Ruissellement mm
Europe	790	507	283
Afrique	740	587	153
Asie	740	416	324
Amérique du Nord	756	418	339
Amérique du Sud	1600	910	685
Australie et Océanie	791	511	280
Antarctique	165	0	165
Moyenne pour tous les continents	800	485	315

Le pourcentage des précipitations qui ruisselle est plus important dans l'hémisphère Nord (~40%) que dans l'hémisphère sud (Australie : ~35%, Afrique : ~20% et Amérique du sud : ~10%).

Le bilan hydrique

Le bilan hydrique : le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps => équation « hydrologique »

Concernant l'espace :

- à l'échelle d'un bassin versant (entité structurelle définie en L2)
- à un autre niveau (zone administrative, entité régionale, etc.).

Concernant le temps :

- l'année hydrologique (Période continue de 12 mois choisie de façon que la variation de l'ensemble des réserves soit minimale, de manière à minimiser les reports d'une année sur l'autre).

Le bilan hydrique

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l' « équation de continuité » et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un bassin donnés :

$$P + S = R + E + (S \pm \Delta S)$$

Avec :

P : précipitations (liquide et solide) [mm],

S : ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige, glace) [mm],

R : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm],

$S \pm \Delta S$: ressources accumulées à la fin de la période [mm].

Le bilan hydrique

En simplifiant :

$$E = I - O \pm \Delta S$$

Avec :

E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm ou m³],

I : volume entrant (liquide et solide) [mm ou m³],

O : volume sortant [mm ou m³],

$\pm \Delta S$: variation du stockage [mm ou m³].

Si le bassin versant est imperméable : $\pm \Delta S = 0$

Le bilan hydrique

Le déficit d'écoulement (D): Pertes dues à l'évaporation

$$D = I - O$$

Avec :

I : volume entrant (liquide et solide) [mm ou m³],

O : volume sortant [mm ou m³],

Le bilan hydrique

Le déficit d'écoulement (D): Pertes dues à l'évaporation

Formule de Turc :

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

P : précipitation annuelle [mm],

T : température moyenne annuelle [° C],

L : $300 + 25 T + 0,05 T^3$

Le bilan hydrique

Le déficit d'écoulement (D): Pertes dues à l'évaporation

Formule de Coutagne :

$$D = P - m.P^2$$

Avec :

P : précipitation annuelle [mm],

T : température moyenne annuelle [° C],

m : $1/(0,8 + 0,16 T)$: coefficient régional (0,42 pour la France)

Le bilan hydrique

Le déficit d'écoulement (D): Pertes dues à l'évaporation

Permet d'évaluer le comportement du système

Permet d'évaluer la fiabilité des données

Le bilan hydrique

Conclusion

Application de la méthode du bilan hydrique limitée de par la difficulté de quantifier les variables.

=> utilisation dans le cas d'un avant-projet, pour vérifier l'état du système et surtout la validité (la fiabilité) des mesures qui le décrit.