

LE CYCLE DE L'EAU

Université de Picardie

Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. Propriétés de l'eau
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. L'eau agent de transport
6. Qualité de l'eau et organismes vivants

- L'eau atmosphérique
- Condensation
- Transpiration
- Précipitation
- Ruissellement et infiltration
- Les eaux souterraines
- Biseau salé
- Le bassin versant
- Les estuaires
- Le pergélisol et l'eau souterraines
- Porosité des roches
- Inondations

A retenir

Le cycle de l'eau

1. **Introduction**
2. Propriétés de l'eau
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. L'eau agent de transport
6. Qualité de l'eau et organismes vivants

■ L'eau recouvre près des **trois quarts de la surface** de notre planète

Océans

Fleuves

Rivières

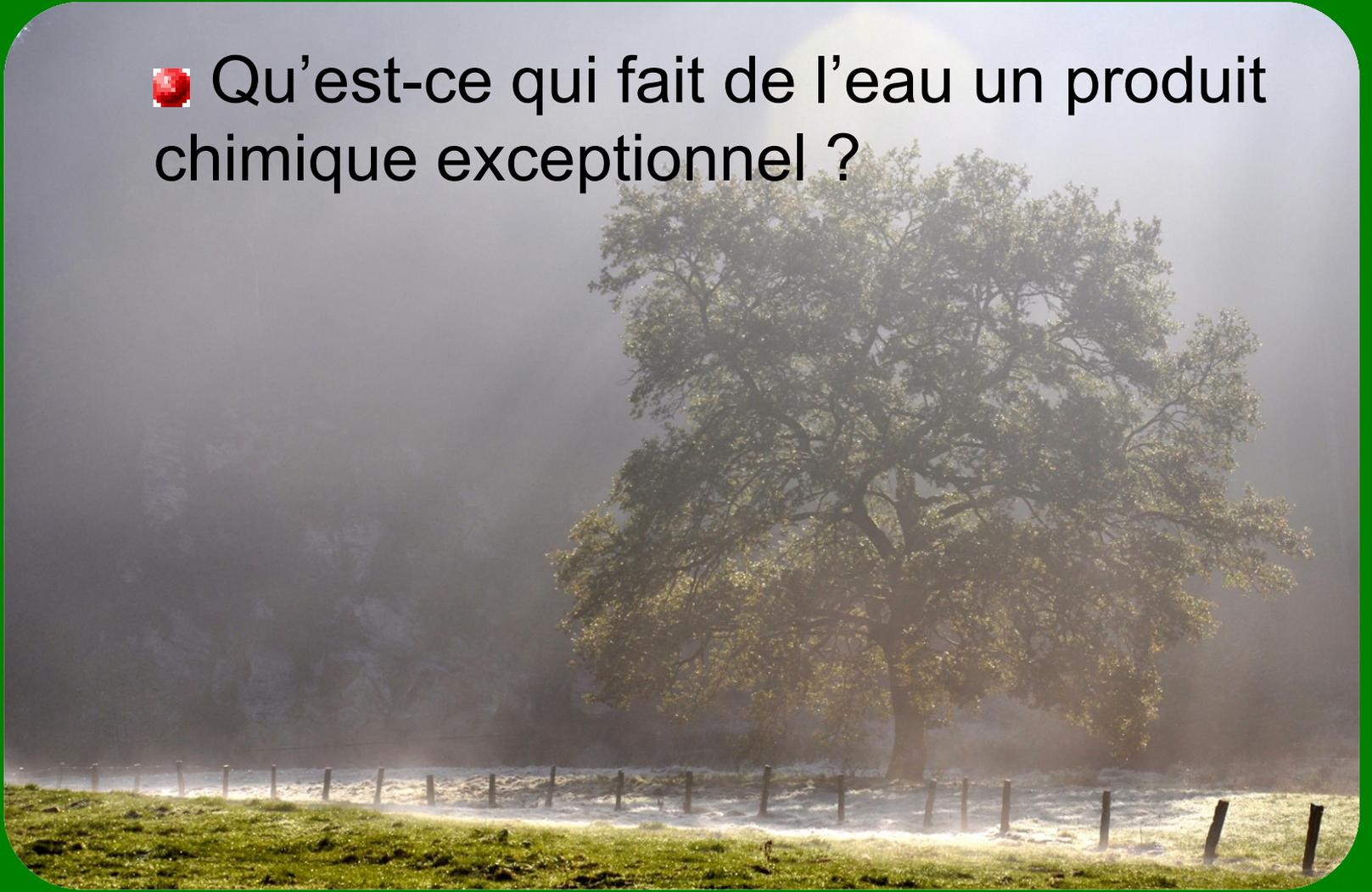
Lacs

Neige et glaciers

■ On la retrouve dans l'**atmosphère** et dans les **nappes phréatiques**. Elle s'évapore de la surface de la terre et y retourne par un phénomène connu sous le nom de **cycle hydrologique** (ou *cycle de l'eau*)

Travaux dirigés

■ Qu'est-ce qui fait de l'eau un produit chimique exceptionnel ?



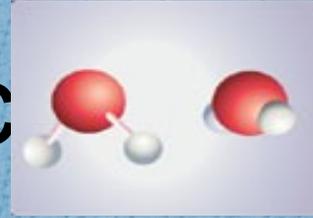
L'eau : élément vital

- *En moyenne*, le **corps humain** contient environ 55 % d'eau
- L'organisme humain a besoin de **deux litres d'eau par jour**, dans nos climats
 - il ne peut survivre que quelques jours sans eau.
- Nos **aliments** sont surtout constitués d'eau
 - tomates (95%), épinards (91%), lait (90%), pommes (85%), pommes de terre (80%), boeuf (61%), hot dogs (56%)
- La **vie sur terre** a probablement commencé dans l'eau
 - Plus de la moitié des espèces animales et végétales vivent dans l'eau

Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. **Propriétés de l'eau**
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
 - e) L'eau agent de transport
5. Qualité de l'eau et organismes vivants

La molécule d'eau



- Stable

- Liaisons faibles

- **molécule polaire**

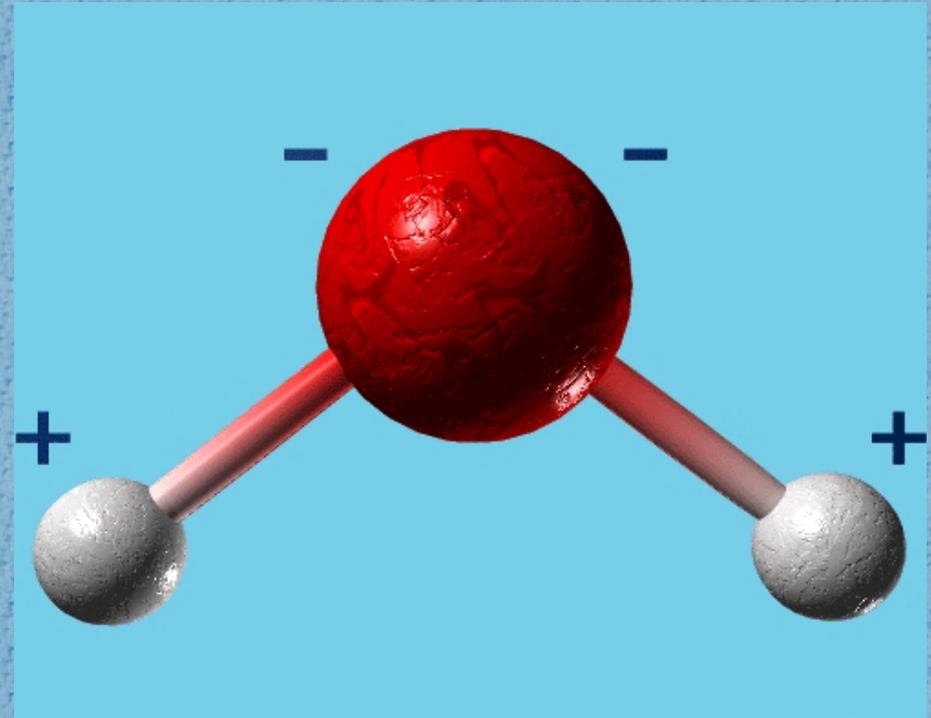
molécule à l'intérieur de laquelle les charges ne sont pas réparties de manière homogène

- 3 phases

- ◆ Gaz

- ◆ Liquide

- ◆ Solide



Deux représentations schématiques de la molécule d'eau

On peut représenter une molécule en symbolisant ou non les liaisons entre atomes avec un "bâton"

Propriétés de l'eau

- Dans des conditions normales, l'eau est un **liquide** composé de molécules faites d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H_2O)
- À l'état pur, l'eau est
 - Incolore
 - Insipide
 - Inodore
- Elle se solidifie à $0^{\circ}C$ et se gazéifie à $100^{\circ}C$
- Elle a une densité de un gramme par centimètre cube (1 g/cm^3)
- Elle se classe parmi les meilleurs solvants qui soient

Chaleur spécifique

- L'eau absorbe ou dégage plus de chaleur que de nombreuses autres substances pour chaque variation d'un degré de la température
- ☀ *agent de refroidissement et de transfert de la chaleur au cours de procédés chimiques ou thermiques*

Tension superficielle de l'eau

- Mesure de la **force du film** de la surface de l'eau
 - *Les molécules d'eau sont liées entre elles, créant un film très fort dont la tension est supérieure à celle de tout autre liquide, sauf le mercure*
- Essentielle au **transfert de l'énergie éolienne** à l'eau pour créer des vagues
 - *Celles-ci sont nécessaires car elles permettent de diffuser rapidement de l'oxygène dans l'eau des lacs et des mers*
 - **PERMET À L'EAU D'ADHÉRER À D'AUTRES SUBSTANCES PLUS LOURDES ET PLUS DENSES QU'ELLE**

Molécules en mouvement

Phénomène d'**adhérence**

- Les molécules d'eau adhèrent l'une à l'autre et à de nombreuses autres substances dont le verre, le coton, les plantes et les sols.
- L'adhérence crée le phénomène de ***l'ascension capillaire***

L'eau imbibe facilement de nombreux tissus.

- *C'est grâce à l'ascension capillaire qu'une serviette de papier ou une éponge sert à essuyer de l'eau renversée. Sans cette propriété, les éléments nutritifs indispensables aux plantes et aux arbres demeureraient dans le sol.*

L'eau agent de dissolution universel

■ Aptitude à dissoudre d'autres substances

- *Il n'existe à peu près aucune substance connue qui n'ait été identifiée en solution dans les eaux de la planète*

■ Rend la vie possible sur terre

- *L'eau véhicule les éléments nutritifs indispensables aux animaux et aux plantes*

■ Une goutte de pluie dissout les **gaz atmosphériques**

- *Les précipitations ont donc une incidence sur la qualité des terres, des lacs et des cours d'eau*

Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. Propriétés de l'eau
3. **Le cycle hydrologique**
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. L'eau agent de transport
6. Qualité de l'eau et organismes vivants

nature

eau
souterraine

precipitations
eau de

Jamais à l'état pur dans la nature

■ *Les eaux souterraines et les eaux de surface
peuvent contenir de nombreux constituants,
notamment*

- des micro-organismes,
- des gaz,
- des matières organiques et inorganiques

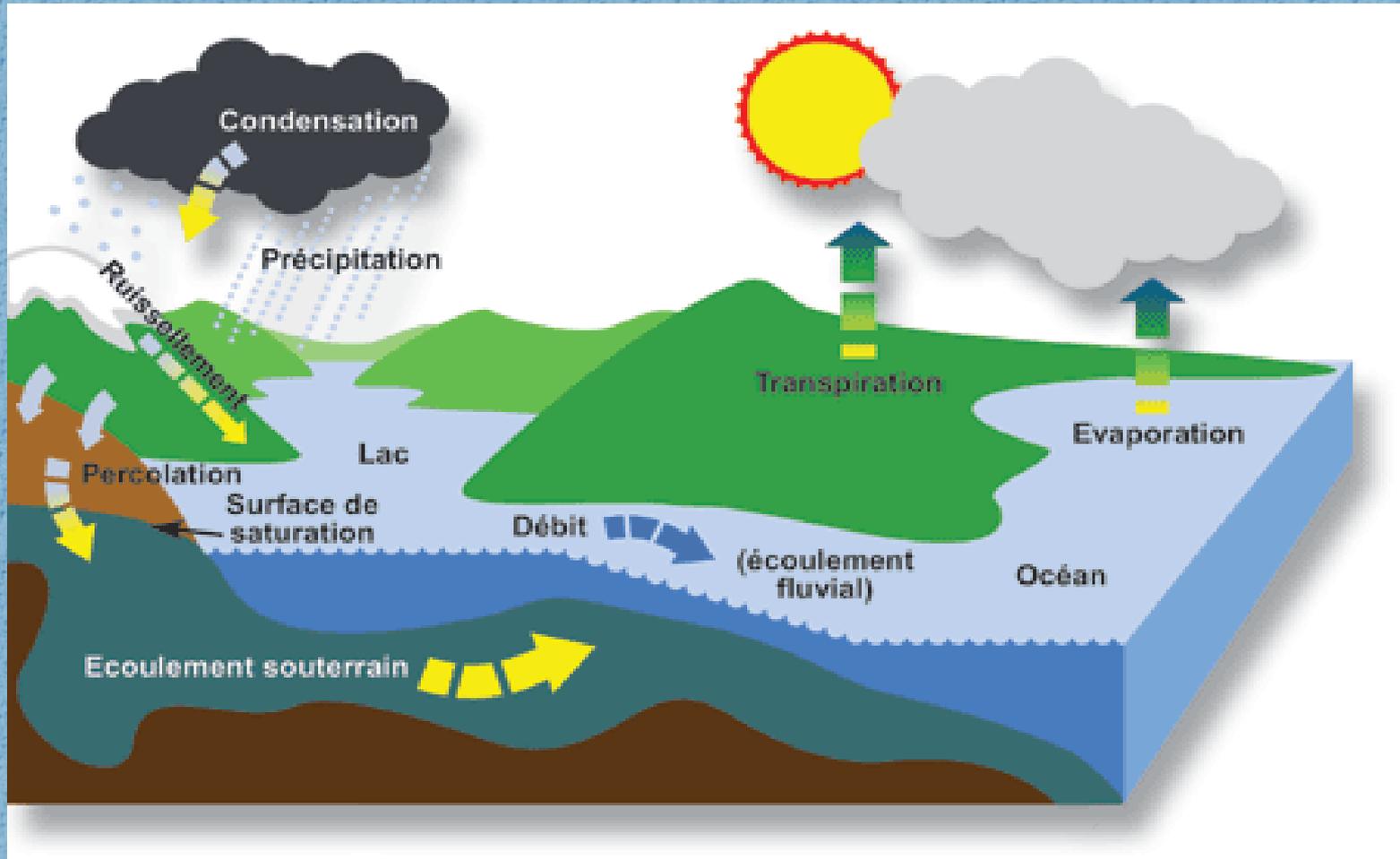


Chimie de l'eau

 Evolue continuellement au cours de sa **circulation** dans le cycle hydrologique

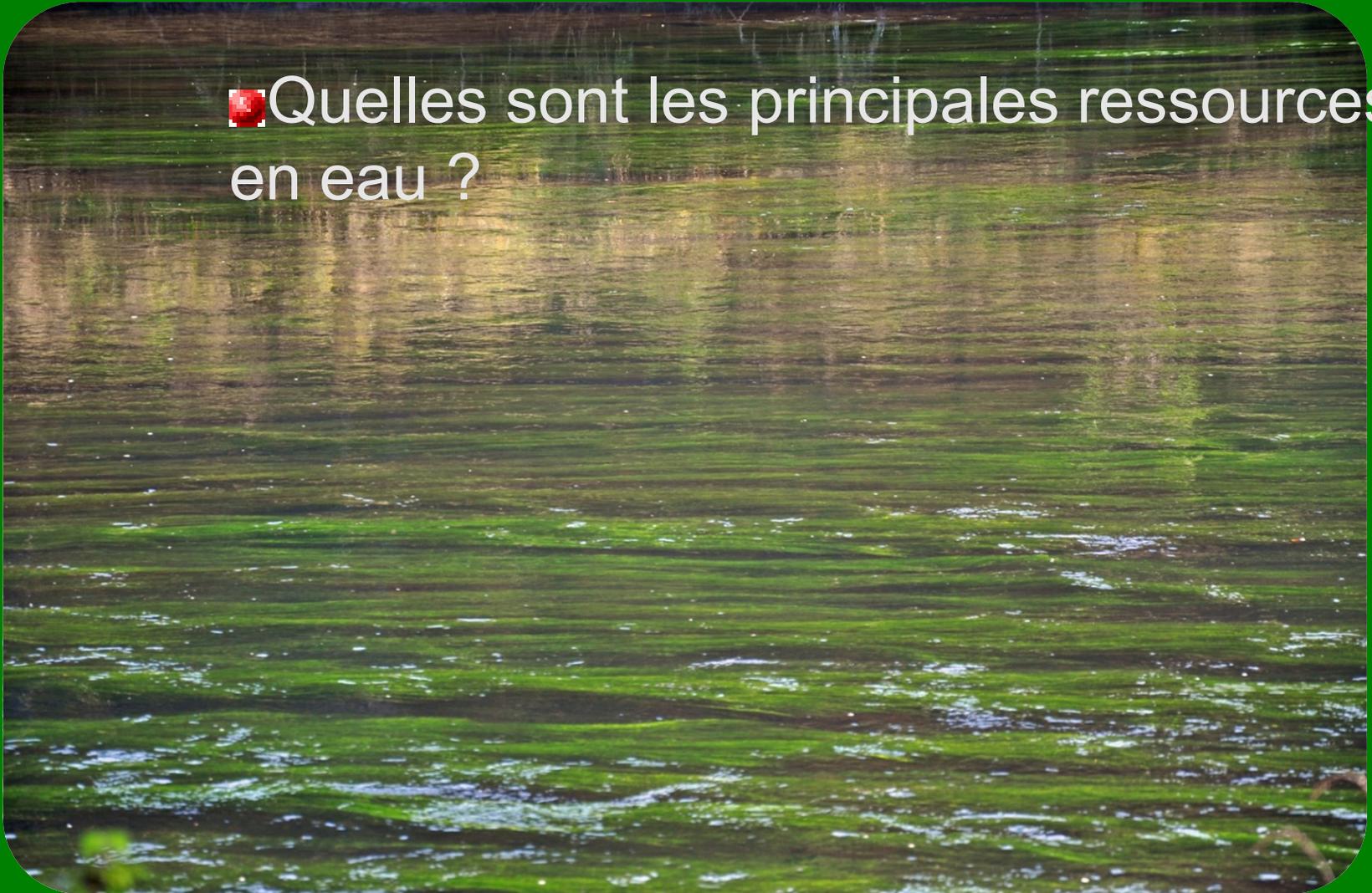
- *Les types de constituants chimiques trouvés dans l'eau souterraine dépendent, en partie, de la **chimie des précipitations** et de l'eau d'alimentation*
- *Près des côtes, les précipitations contiennent des concentrations plus élevées de **chlorure de sodium et autres sels = salinité** (mesurée en Unités de salinité)*
- *En aval des zones industrielles, des composés atmosphériques de soufre et d'azote rendent les **précipitations acides***

Le cycle de l'eau

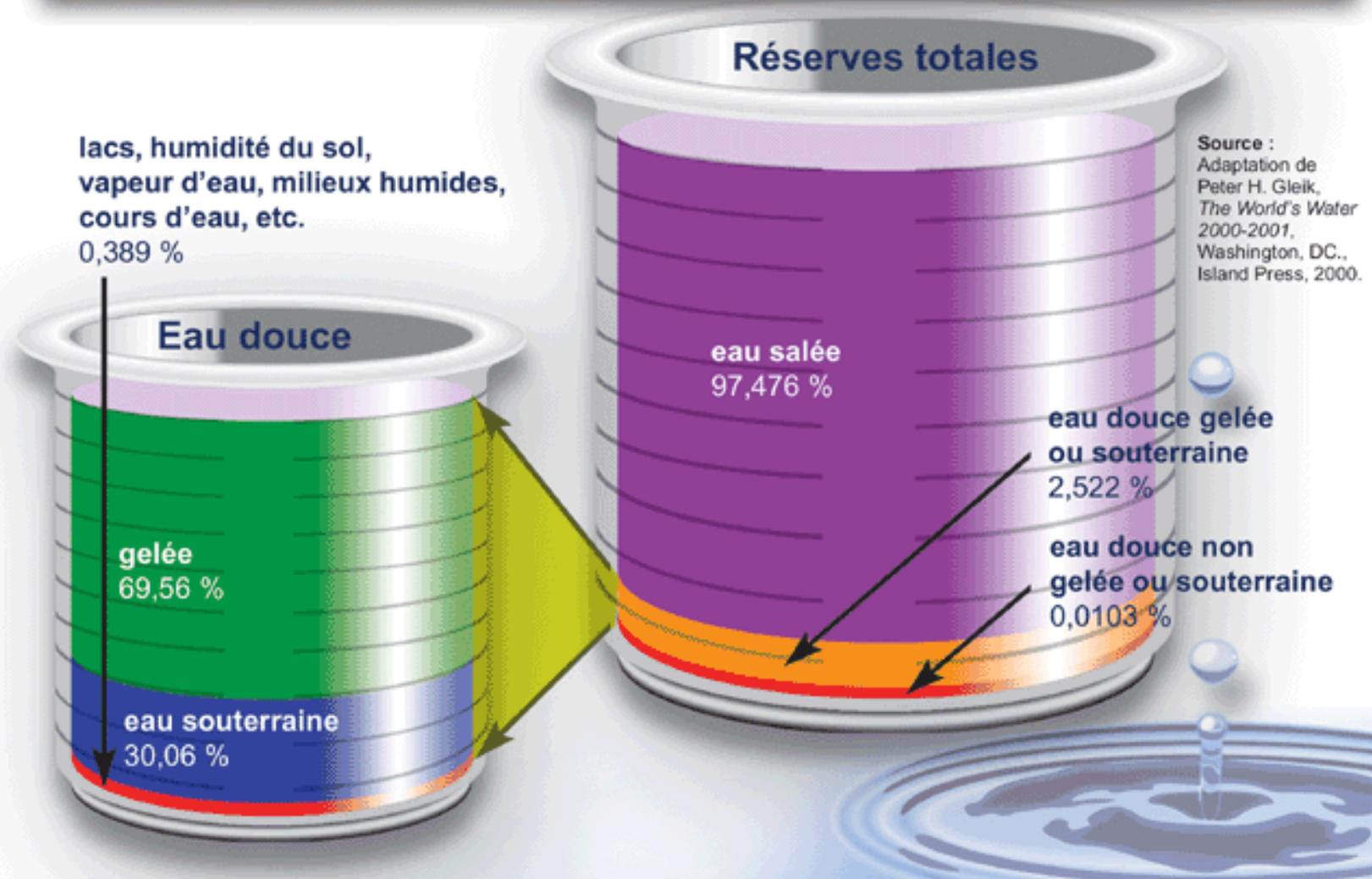


Travaux dirigés

■ Quelles sont les principales ressources en eau ?



Réserves d'eau dans le monde



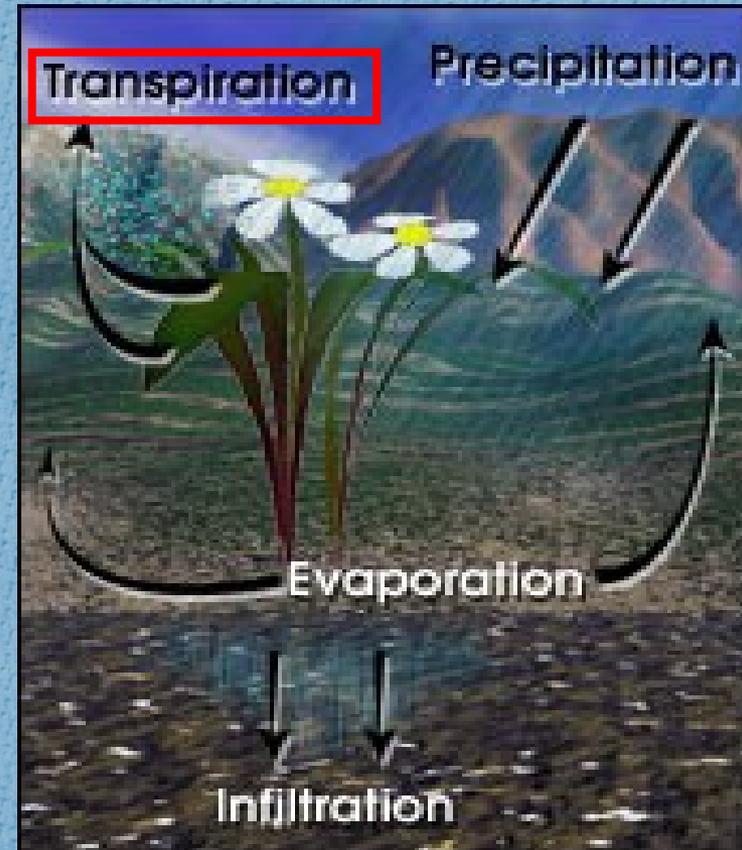
L'eau de l'hydrosphère

Réservoirs	Stocks km ³
Océans	1 350 000 000
Eaux continentales	35 976 700
Glaciers	27 500 000
Eaux souterraines	8 200 000
Mers intérieures	105 000
Lacs d'eau douce	100 000
Humidité des sols	70 000
Rivières	1 700
Atmosphère (humidité de l'air)	13 000
Biosphère (cellules vivantes)	1



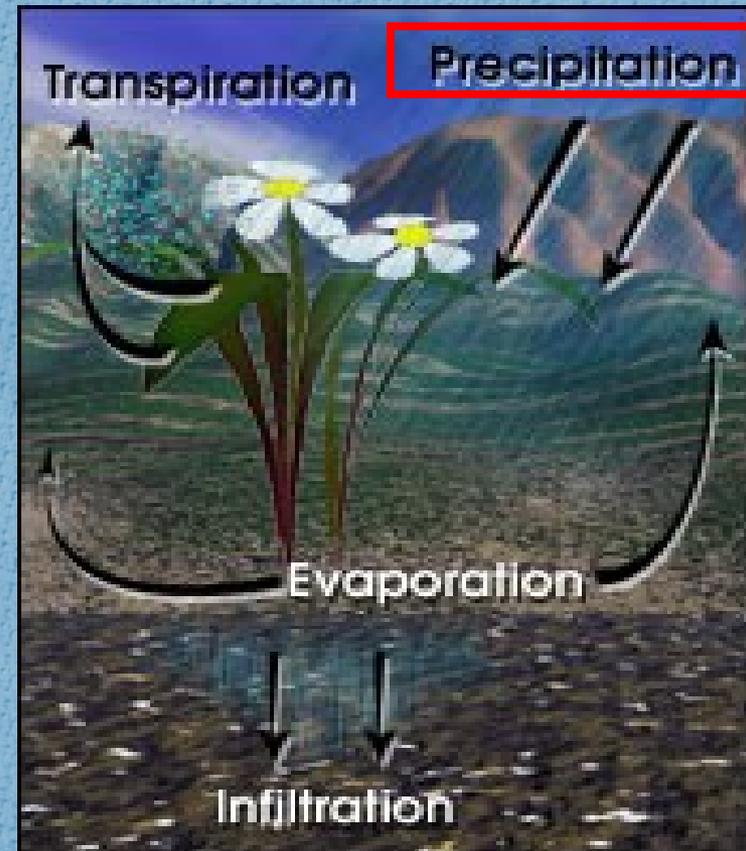
Transpiration / Respiration

- Les feuilles des plantes dégagent aussi de la vapeur d'eau par phénomène de transpiration
- Une plante en croissance perd chaque jour de 5 à 10 fois la quantité d'eau qu'elle peut contenir



- ❑ Les précipitations sous forme de **pluie, de neige et de grêle** proviennent des nuages
- *tournent autour de la Terre grâce à l'action des courants d'air*
- *s'élèvent au-dessus de chaînes de montagnes, se refroidissent davantage*
- *sont tellement saturés de gouttelettes d'eau que ces dernières commencent à tomber en pluie, en grêle ou en neige, selon la température de l'air ambiant*

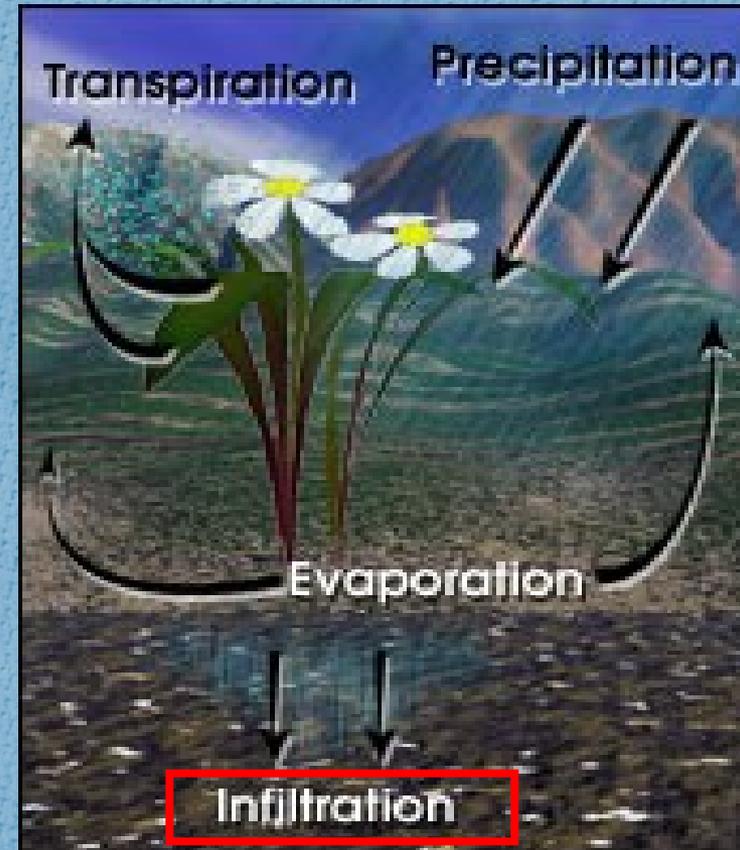
Précipitation



Ruissellement et infiltration

La pluie ou la fonte des neiges excessives produisent un écoulement de surface vers les ruisseaux et les fossés. *Le ruissellement est l'écoulement d'eau que l'on peut voir dans les ruisseaux, les lacs et les cours d'eau lorsque l'eau emmagasinée dans le bassin s'en écoule.*

Une partie descend, **percole**, ou **s'infiltré** dans des fissures, des joints et des pores dans le sol et la roche jusqu'à ce qu'elle atteigne la **surface de saturation** pour devenir de l'eau souterraine.



Evaporation

● Processus par lequel l'eau liquide se transforme en gaz : vapeur d'eau

☀ Le transfert est favorisé par la chaleur qui active l'énergie cinétique des molécules

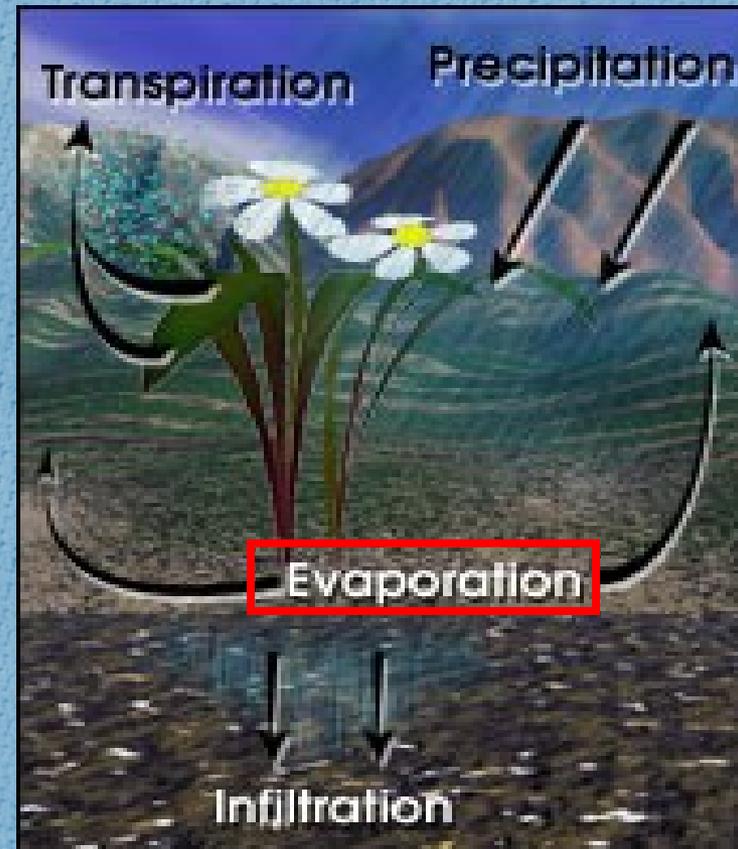
● Facteurs influençant l'évaporation :

☀ Énergie (chaleur) fournie au système

☀ Humidité de l'air

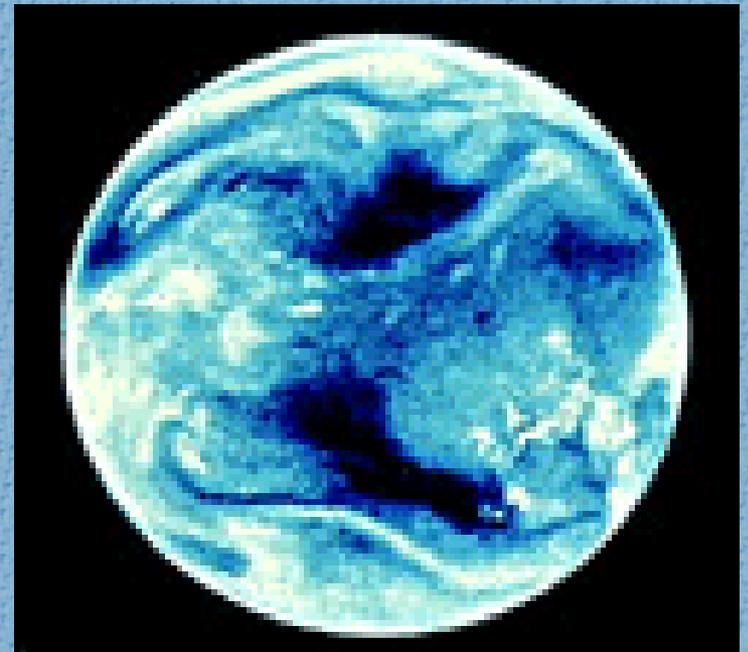
☀ Circulation atmosphérique

☀ Nature de la surface concernée



■ Durant son ascension dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et parfois se condense généralement **autour de particules de poussière** dans l'atmosphère. En se condensant, elle redevient liquide ou passe directement à l'état solide (glace, grêle ou neige). Ces particules d'eau s'assemblent pour former des nuages.

Condensation



Vue de la Terre prise par le satellite METEOSAT montrant la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère terrestre

© CNRS/Météosat

L'eau de la croûte terrestre et du manteau

■ Le cycle tectonique porte sur la création et la destruction de la croûte terrestre ou lithosphère

■ Le cycle pédologique implique les roches et la formation des sols

■ Roches magmatiques

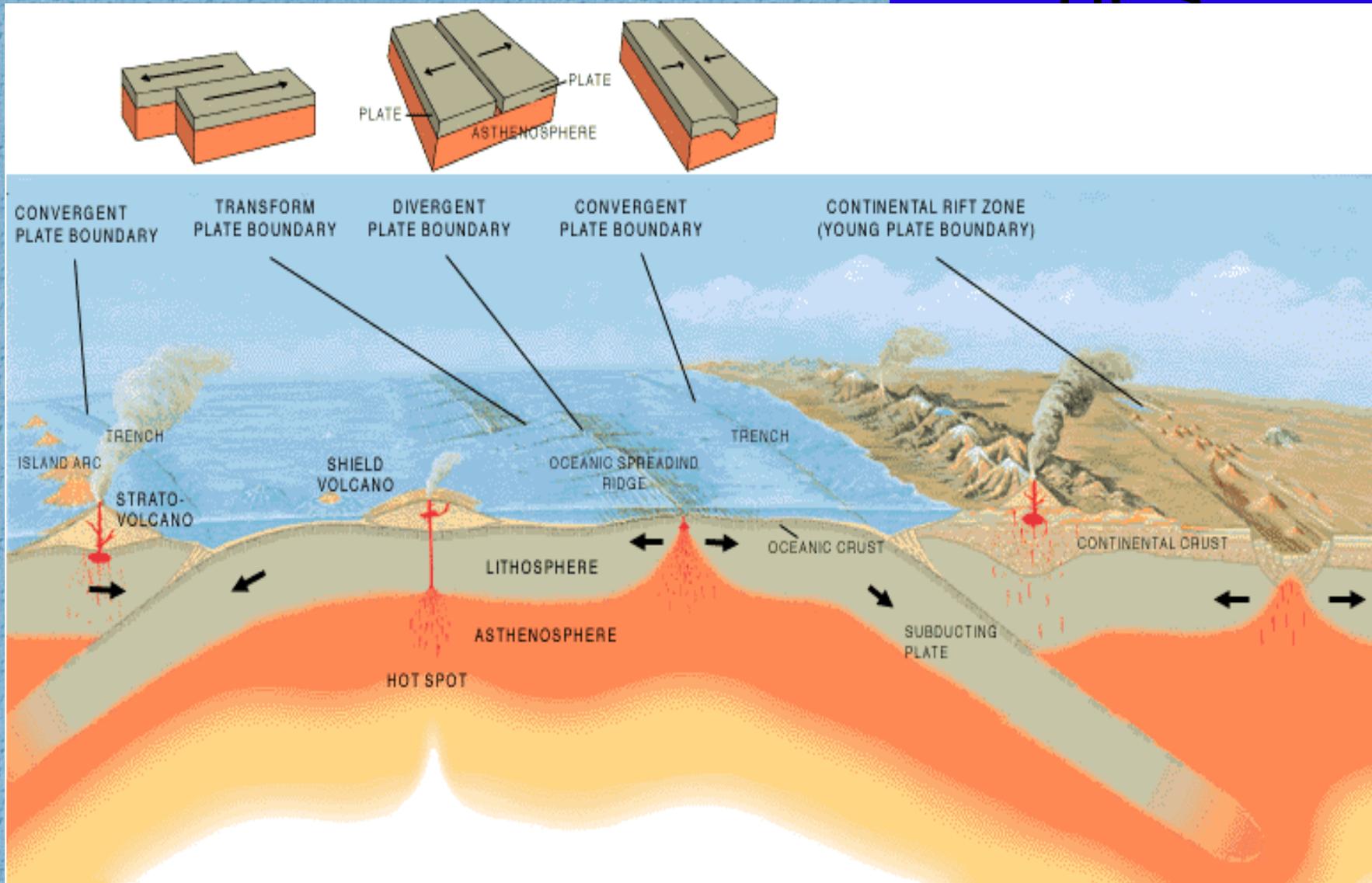
■ R sédimentaires

■ R métamorphiques

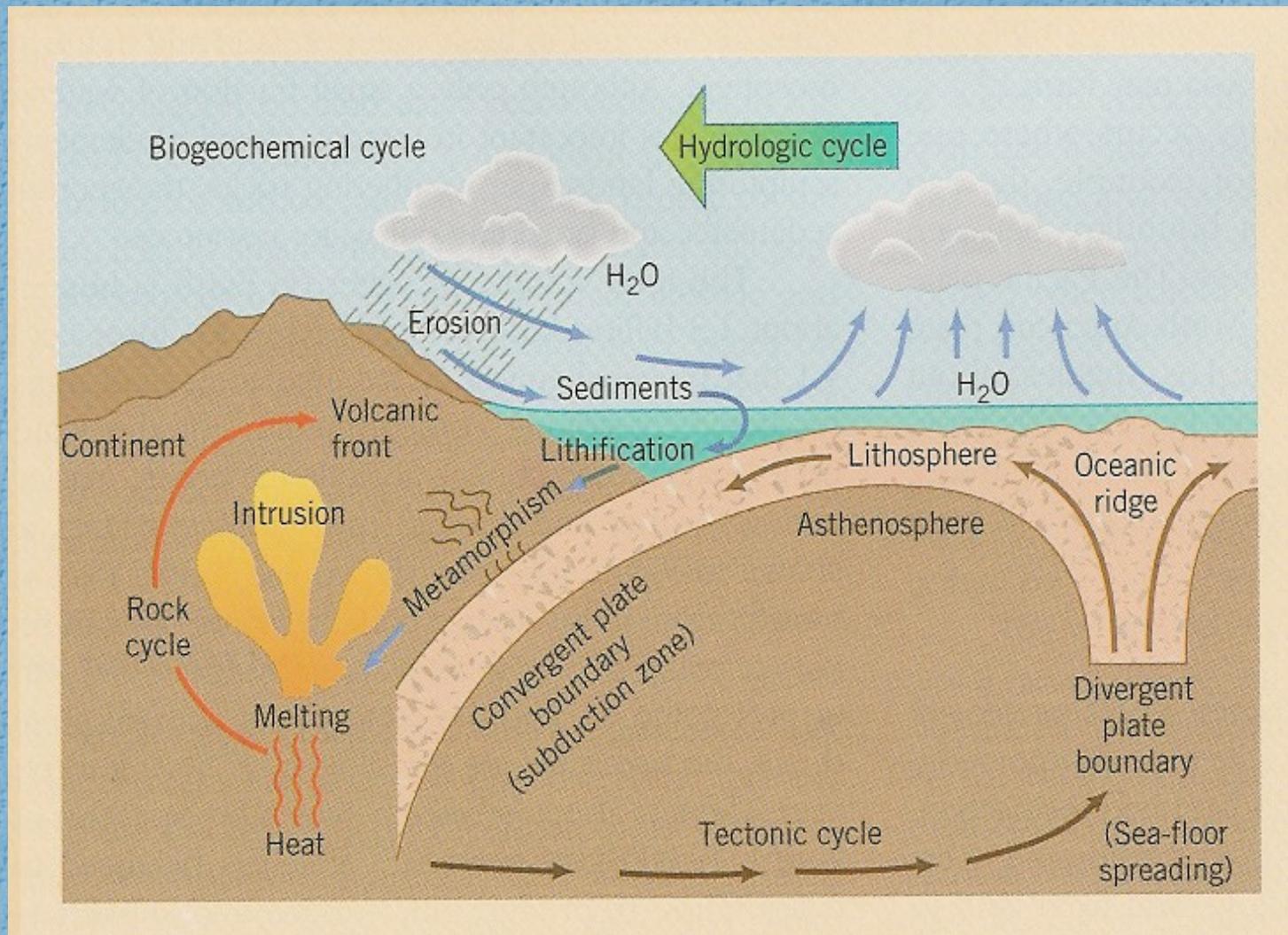
■ L'érosion
produit les
sédiments



Tectonique des



Le cycle géologique



L'eau du manteau terrestre

Il y a de l'eau dans la partie supérieure du manteau, jusqu'à au moins 300 kilomètres de profondeur

- gouttes prisonnières des roches, ou des molécules incluses dans certains minéraux
- est répartie de manière homogène ou non dans cette portion du manteau

© CNRS/J.L.



Fumeurs noirs, sorte de geysers sous-marins localisés sur les dorsales océaniques, par lesquels l'eau du manteau terrestre est transférée aux eaux océaniques. L'aspect noir de ces eaux provient de la couleur noire des sels de fer et de manganèse qu'elles contiennent.

Les volcans

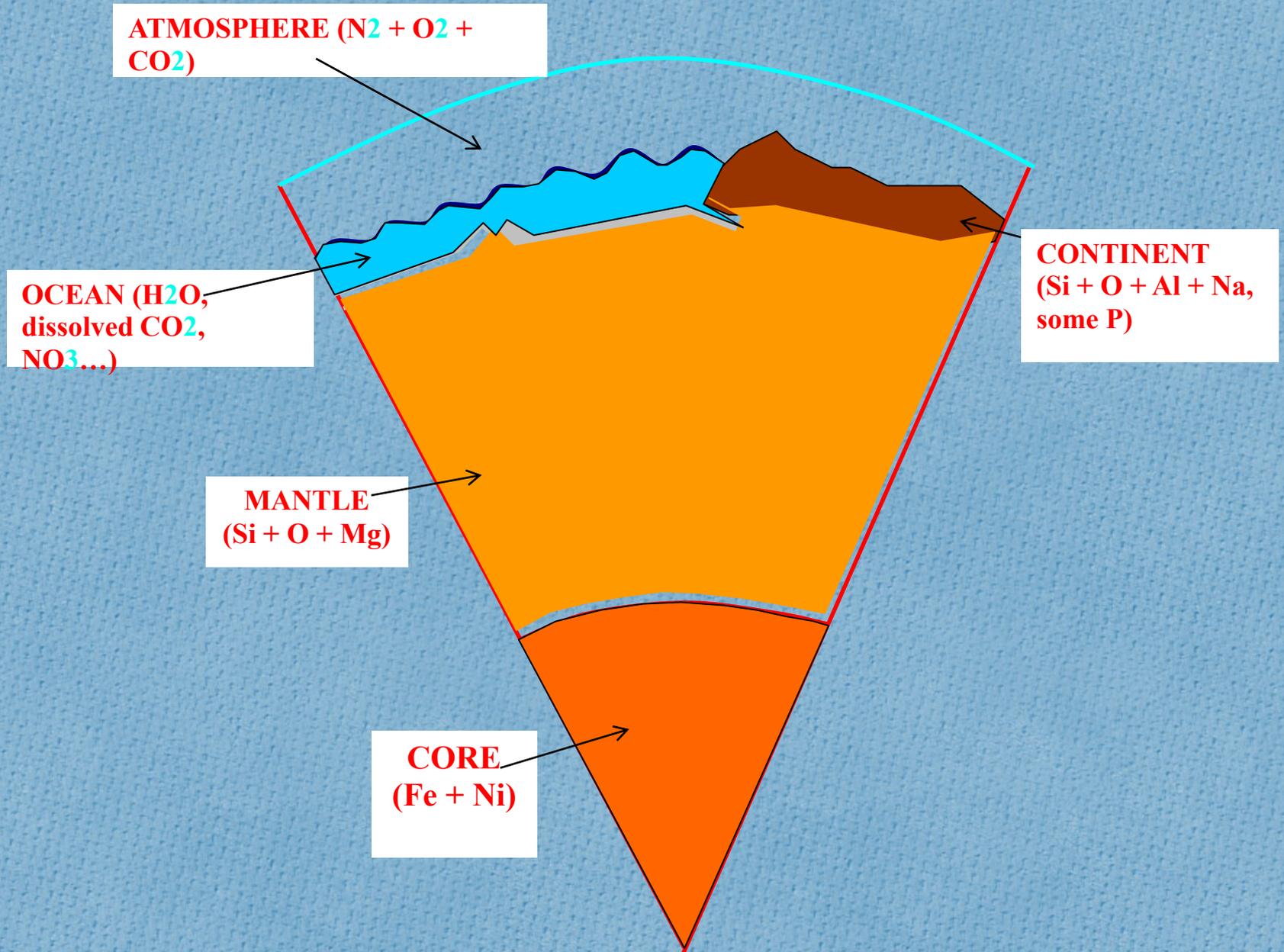
- **Le manteau terrestre** est situé sous la croûte terrestre, à une profondeur comprise entre 10 et 2 900 kilomètres environ
 - enveloppe le noyau central de la planète fait de métal en fusion
 - constitué d'environ les deux tiers de toute la masse du globe, il est formé de roches chaudes et pâteuses.

Cône terminal de volcan (Papua New Guinea island of New Britain), Les fumées blanches expulsées du volcan contiennent de la vapeur d'eau en provenance du manteau terrestre.

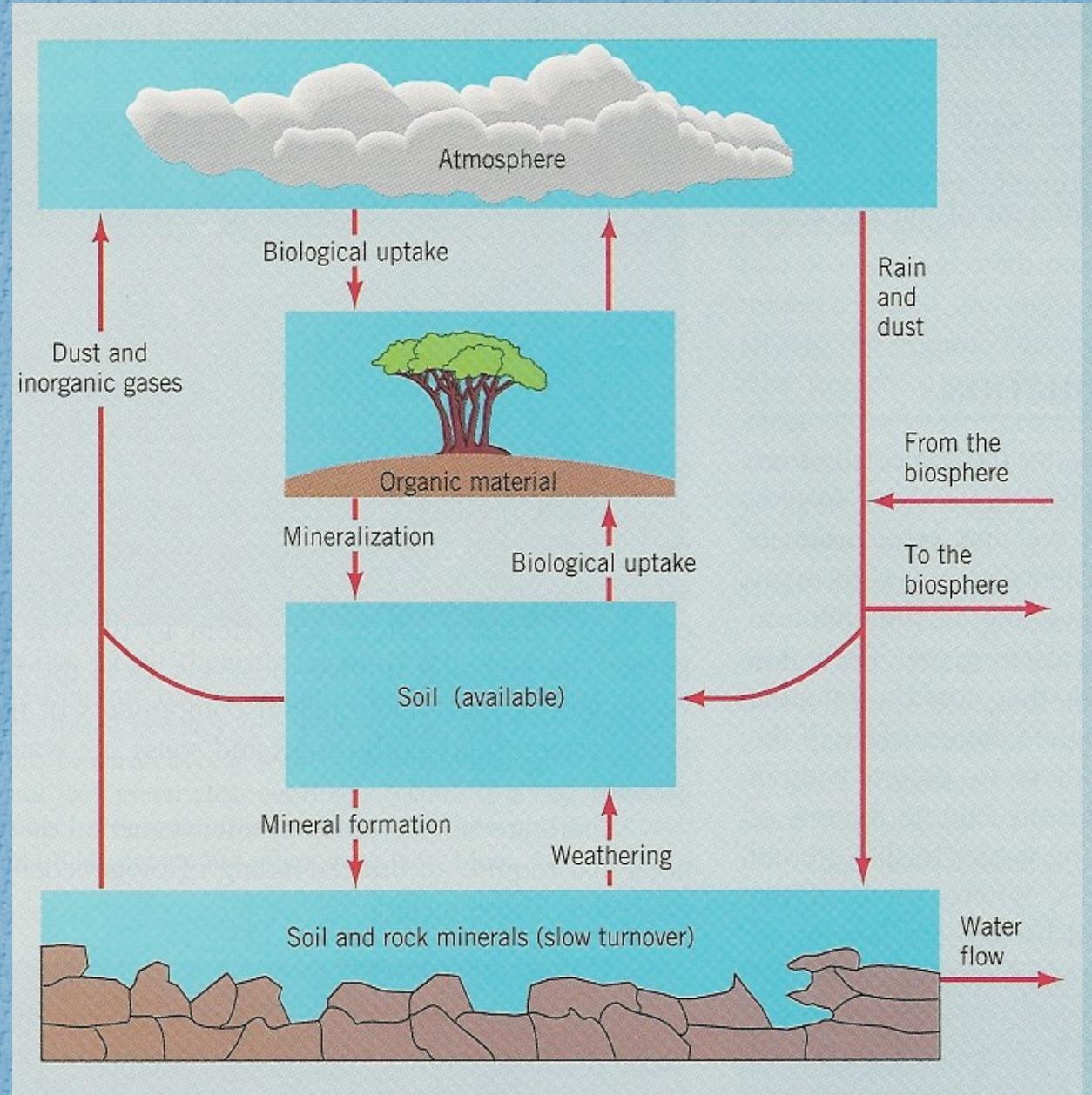
© CNRS/J.L.



A cross-section of the Earth

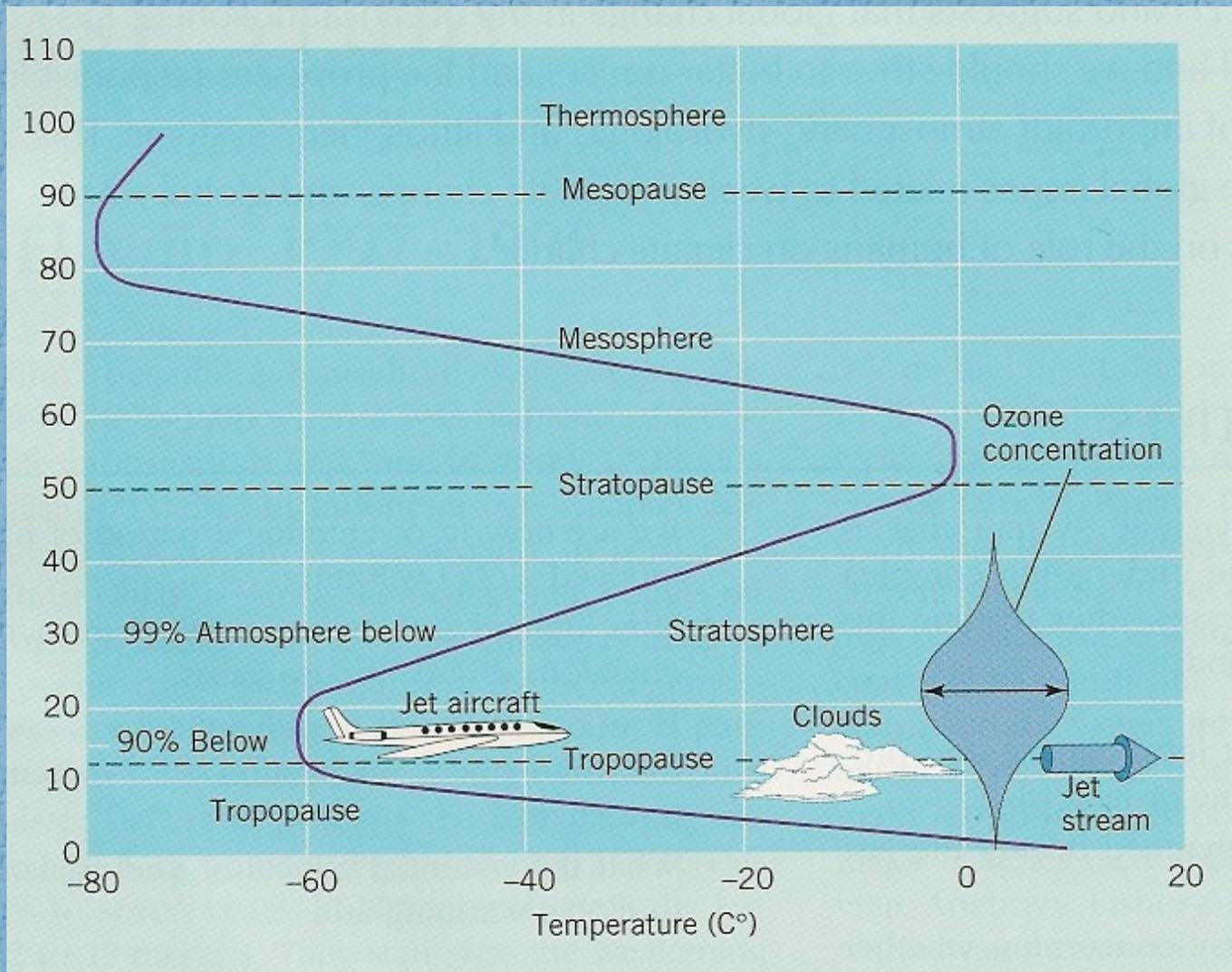


L'eau de la lithosphère



Botkin & Keller 2000

L'eau atmosphérique



Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. Propriétés de l'eau
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. **Les réservoirs**
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. L'eau agent de transport
6. Qualité de l'eau et organismes vivants

Flux hydriques annuels sur l'ensemble de la planète exprimés en kilomètres cubes d'eau . La somme des évaporations est égale à la somme des précipitations.

Évaporation sur les océans	425 000	
Évaporation sur les continents	71 000	
Précipitations sur les océans	385 000	km³
Précipitations sur les continents	111 000	
Apport des cours d'eau aux océans	40 000	

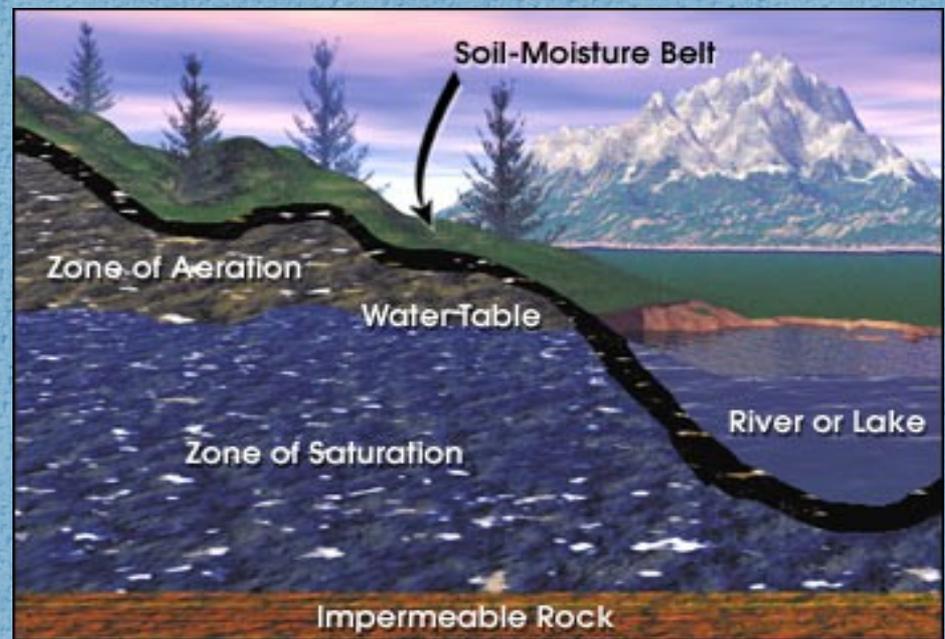
L'avantage de ces transferts est qu'ils permettent aux réserves de se renouveler : plus le temps de résidence dans un réservoir est court, plus l'eau de ce réservoir est rapidement renouvelée

Les réservoirs

Les temps de résidence

Océans	2 500 ans
<i>Eaux continentales</i>	
Glaciers	1 600 à 9 700 ans
Eaux souterraines	1 400 ans
Mers intérieures	250 ans pour la mer Caspienne qui contient 80% de tout le volume d'eau de ce réservoir
Lacs d'eau douce	17 ans pour les grands lacs 1 an pour les autres lacs
Humidité des sols	1 an
Rivières	16 jours
Atmosphère (humidité de l'air)	8 jours
Biosphère (cellules vivantes)	quelques heures

L'eau souterraine



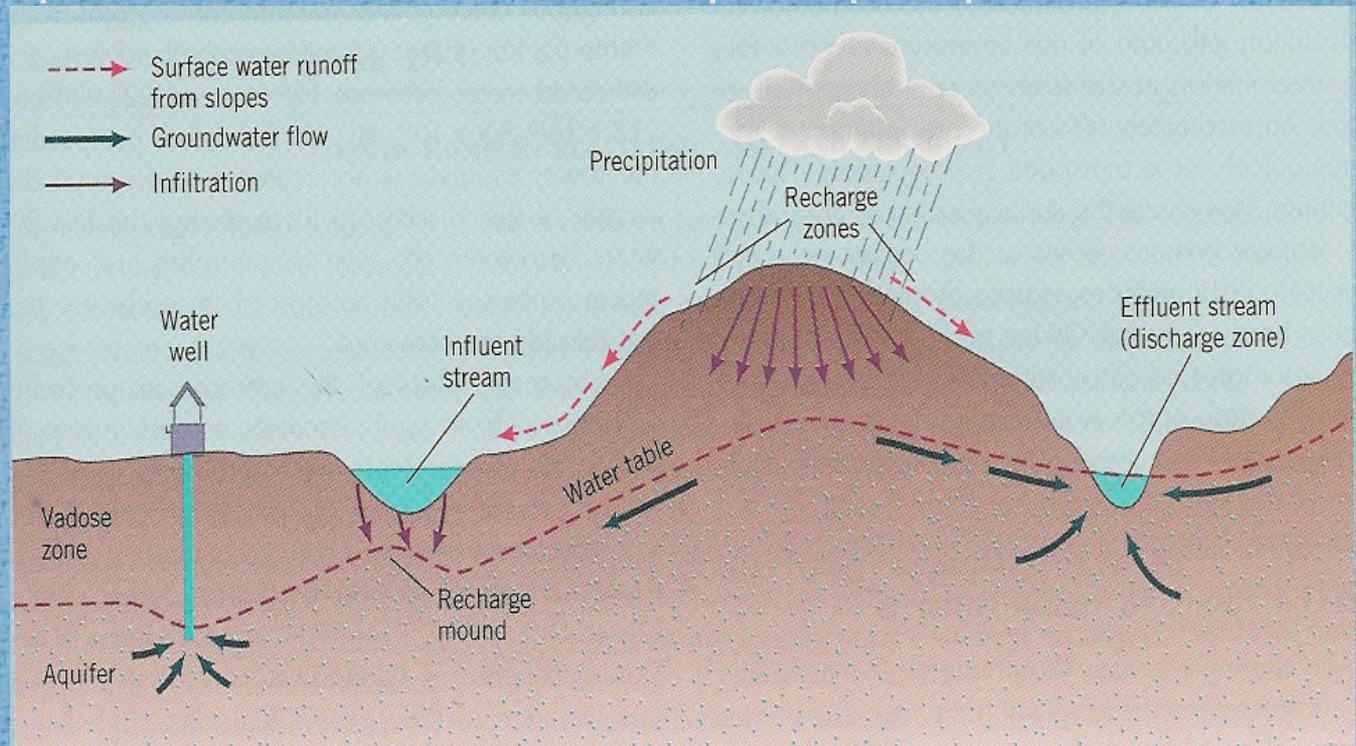
- Le niveau au-dessous duquel tous les interstices sont remplis d'eau s'appelle la **surface de saturation**.
- Au-dessus se trouve la **zone d'aération**. Ici, les espaces dans la roche et le sol contiennent à la fois de l'air et de l'eau. L'eau dans cette zone s'appelle l'**humidité du sol**.
- La région au-dessous de la surface de saturation est dénommée **zone de saturation**, et l'eau de cette zone est l'**eau souterraine**.

■ Eau souterraine :

L'eau souterraine est retenue dans des fissures et des pores. Selon la géologie de la région, elle va alimenter les cours d'eau. L'eau souterraine peut être puisée au moyen de puits. Parfois très vieille, elle peut être restée au même endroit pendant des milliers d'années.

■ Surface de saturation :

Il s'agit du niveau qu'atteindra l'eau dans un puits peu profond.



Qu'est ce qu'un aquifère?

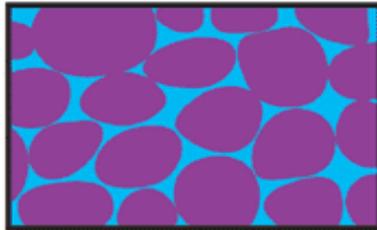
 Un *aquifère* est une formation souterraine de roche perméable ou de matériau meuble qui peut produire des quantités utiles d'eau lorsqu'elles sont captées par un puits. *Ils peuvent être petits, ne couvrant que quelques hectares de superficie, ou très grands, sous-jacents à des milliers de kilomètres carrés de surface terrestre. Ils peuvent avoir seulement quelques mètres d'épaisseur ou mesurer des centaines de mètres du haut vers le bas.*

Contenant

Porosité des roches

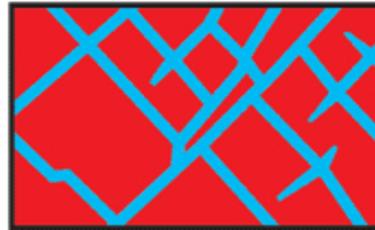
Principaux types de porosité

Sable et gravier



Intergranulaire

Roches ignées



Fissure

Calcaire

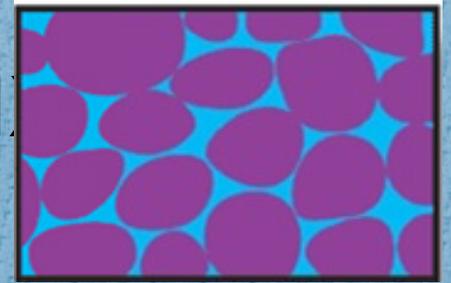


Vide de dissolution

Où peut-on trouver de l'eau souterraine? L'eau occupe les interstices des grains de sable, les fissures des roches et les vides de dissolution.



Milieux poreux



Les *milieux poreux* sont des aquifères composés d'agrégats de particules distinctes comme le sable et le gravier.

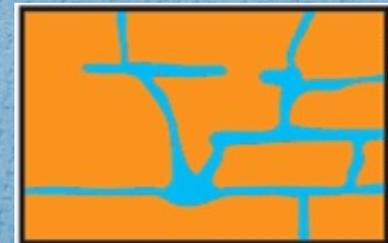
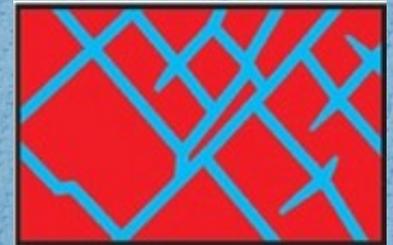
Les milieux poreux où les grains ne sont pas reliés l'un à l'autre sont considérés comme *meubles*. Si les grains sont cimentés les uns aux autres, ces aquifères sont dits *consolidés*.

Milieux fissurés

■ Les *aquifères fissurés* sont des roches dans lesquelles l'eau souterraine circule à travers des fissures, des joints ou des fractures dans une roche par ailleurs solides.

■ Le granite et le basalte en constituent des exemples.

■ Les calcaires sont souvent des aquifères fissurés, mais, ici, les fissures et les fractures peuvent être agrandies par dissolution, formant de grands chenaux ou même des cavernes. Un terrain calcaire où la dissolution a été très active s'appelle un *karst*.



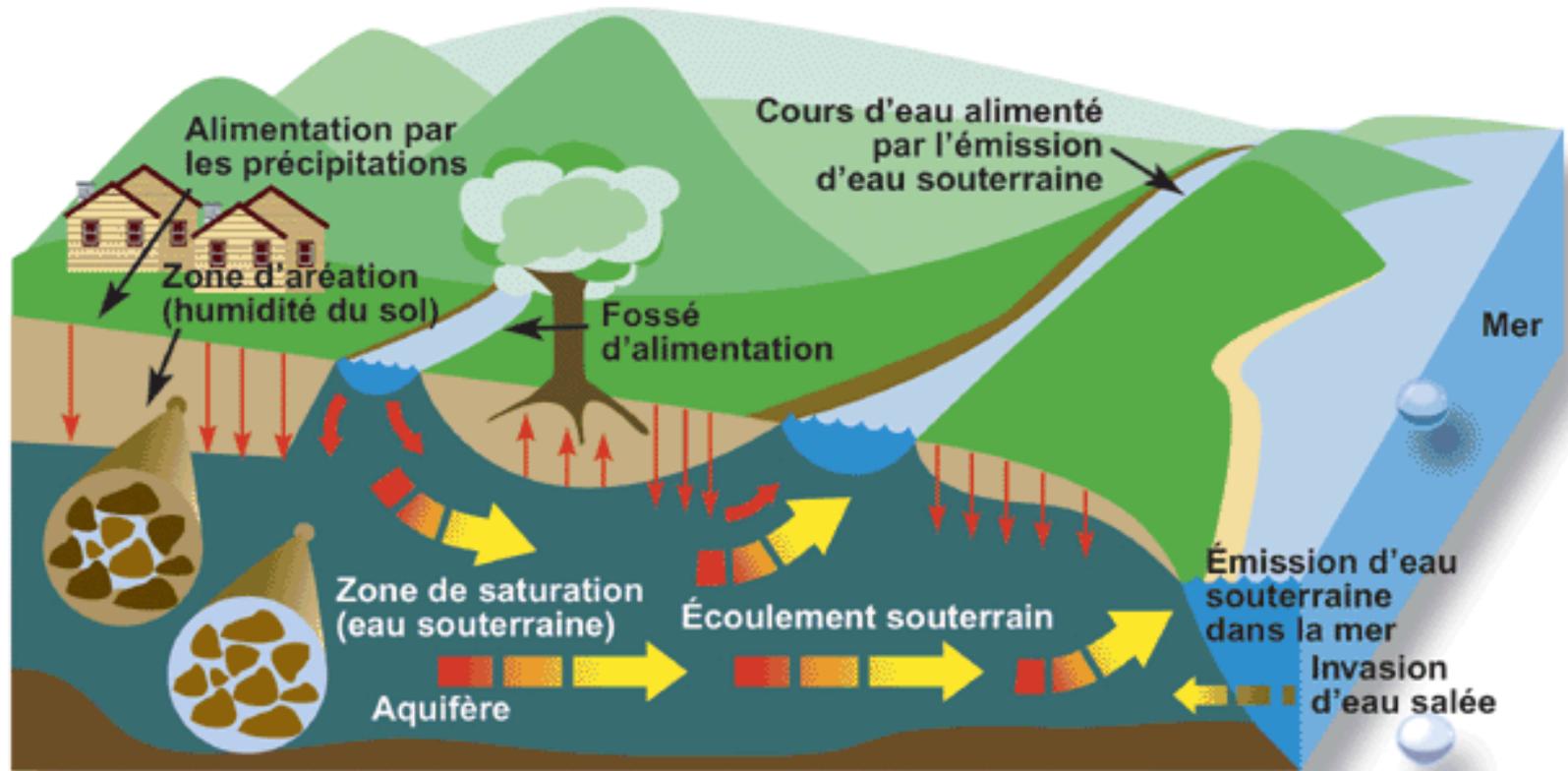
Temps de sejour ou de residence

■ L'eau peut demeurer seulement quelques jours ou quelques semaines dans le sous-sol, ou jusqu'à 10 000 ans ou plus.

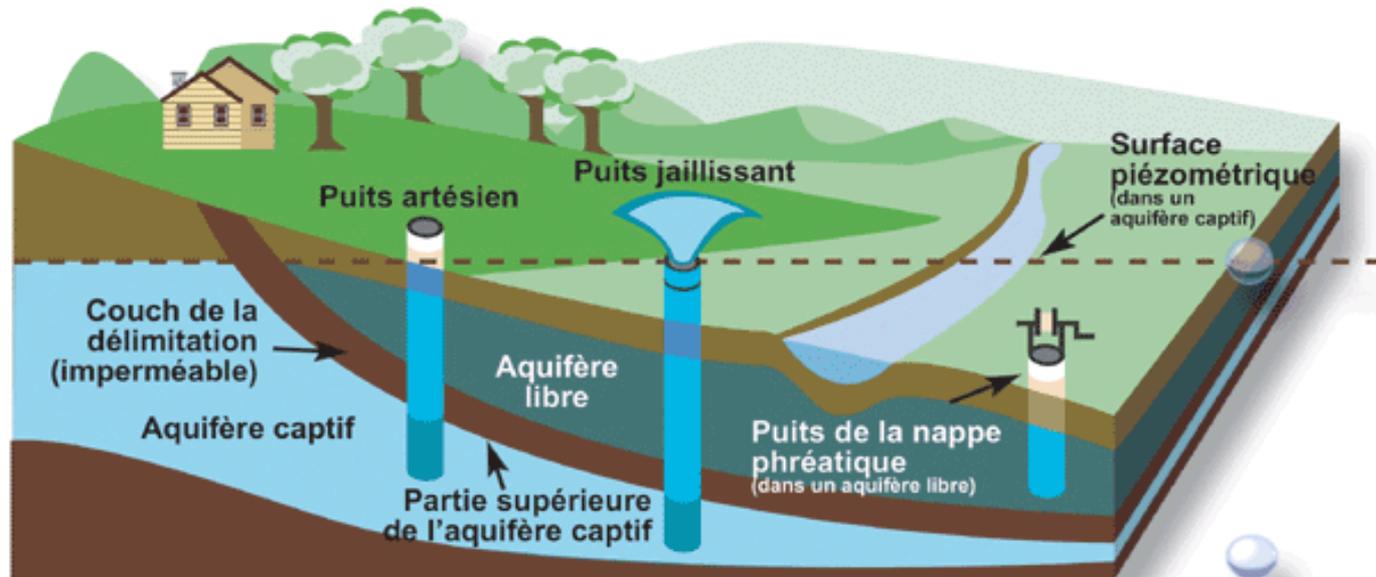
■ À titre de comparaison, le temps de renouvellement de l'eau de rivières, ou le temps que met l'eau des rivières à se remplacer complètement, est d'environ deux semaines.



Écoulement de l'eau souterraine



Aquifères et puits



laquelle elle est retenue. Si le niveau d'eau monte au-dessus de la surface du sol, il se forme un *puits jaillissant*. La *surface piézométrique* est le niveau auquel s'élèvera l'eau d'un aquifère artésien.

Cryosphère

La glace

La banquise dans l'Antarctique. La banquise se forme sous l'action des courants océaniques et du vent



Cliché CNRS

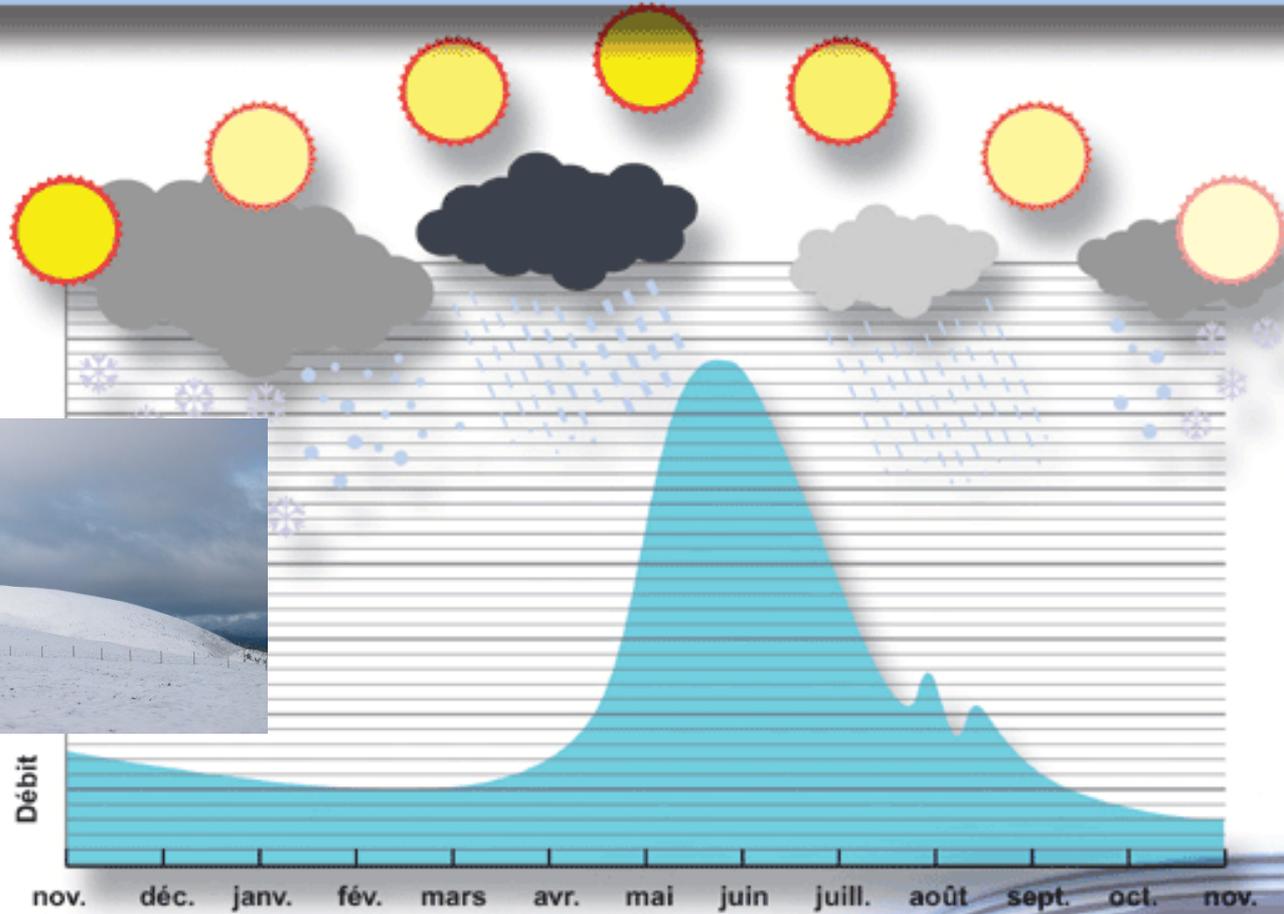
En très haute montagne, les cours d'eau naissent de la fonte des glaciers : c'est le **régime glaciaire**. L'épaisse couche de glace fait en effet office d'isolant thermique vis à vis de l'air extérieur très froid et la température au niveau du sol est donc en général supérieure à zéro.

Au Canada, en Sibérie et dans le nord de l'Europe, les fleuves sont alimentés par la fonte des neiges : c'est le **régime nival**.



Taïga

Hydrogramme caractéristique d'un cours d'eau (débit au fil du temps) — de la chute de neige dans un bassin à l'écoulement dans un cours d'eau



Les cours d'eau

■ Les cours d'eau constituent les voies d'écoulement naturelles des eaux de surface.

- Proviennent principalement du *ruissellement* et du *débit de base*

☀ Le ruissellement est formé de l'écoulement superficiel ou souterrain (écoulement divergent) des eaux pluviales vers les cours d'eau ou rivières

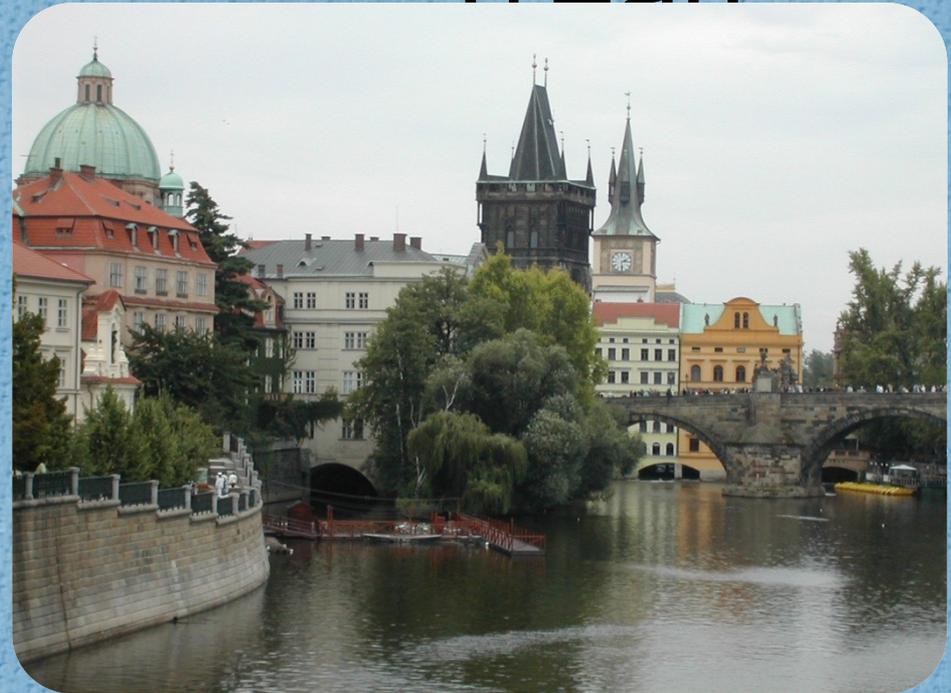
☀ Le débit de base résulte de l'**émergence des eaux de la nappe phréatique**

Les **cours d'eau** (rivières et fleuves) sont des masses d'eau douce qui s'écoulent en permanence ou de façon saisonnière dans un chenal naturel et se jettent dans une autre masse d'eau comme un lac ou la mer

Contiennent généralement plus d'oxygène que les lacs ou les étangs et tendent à abriter des organismes adaptés à l'eau vive.

Les cours d'eau

Rivières et fleuves se caractérisent par l'irrégularité de leur **débit** au cours de l'année, lequel dépend de multiples facteurs, tels la provenance de leurs eaux, le rapport entre les **précipitations** et l'évaporation, ou le **taux de ruissellement** sur leur bassin versant

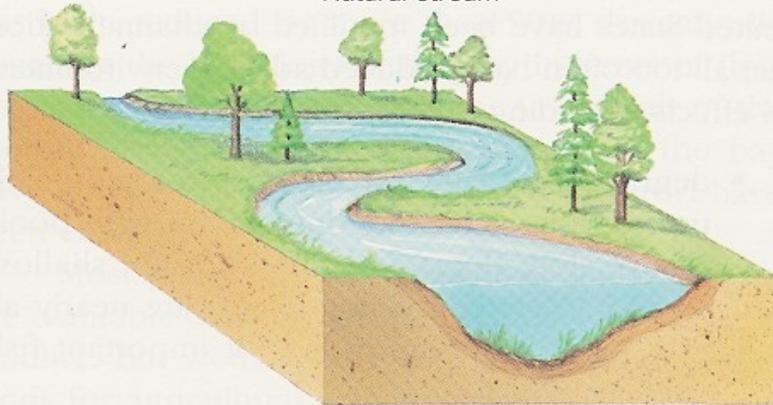


Travaux dirigés

■ Quels sont les facteurs qui peuvent compromettre la qualité d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau ?

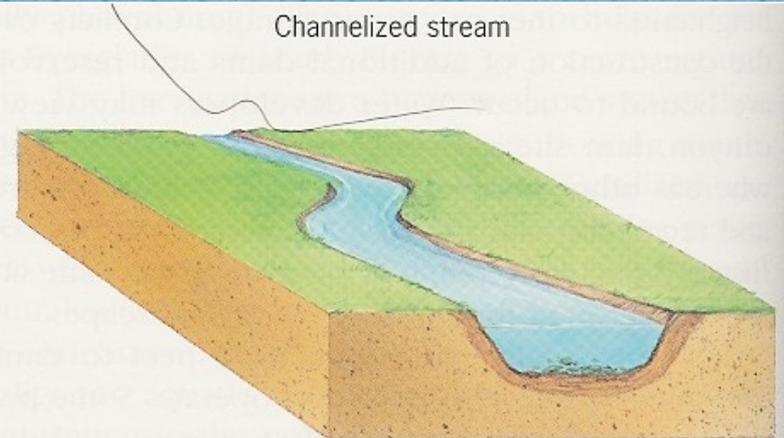
Cours d'eau naturels et aménagés

Natural stream



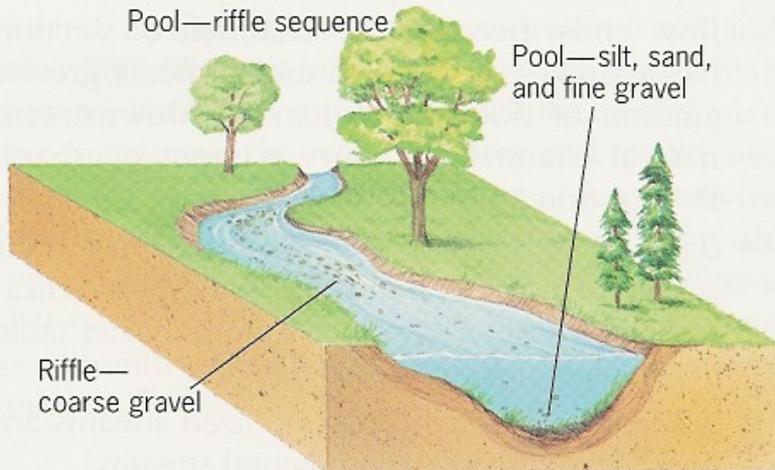
Suitable water temperatures:
adequate shading; good cover for fish life; minimal
temperature variation; abundant leaf material output.

Channelized stream



Increased water temperatures:
no shading; no cover for fish life; rapid daily and
seasonal temperature fluctuations;
reduced leaf material input.

Pool—riffle sequence



Riffle—
coarse gravel

Pool—silt, sand,
and fine gravel

Sorted gravels provide diversified habitats
for many stream organisms.

Mostly riffle



Unsorted gravels:
reduction in habitats; few organisms.

Bassin versant ou bassin hydrographique

■ Territoire associé à une rivière et regroupant tous les terrains sur lesquels ruissellent, s'infiltrent et courent toutes les eaux qui alimentent cette rivière



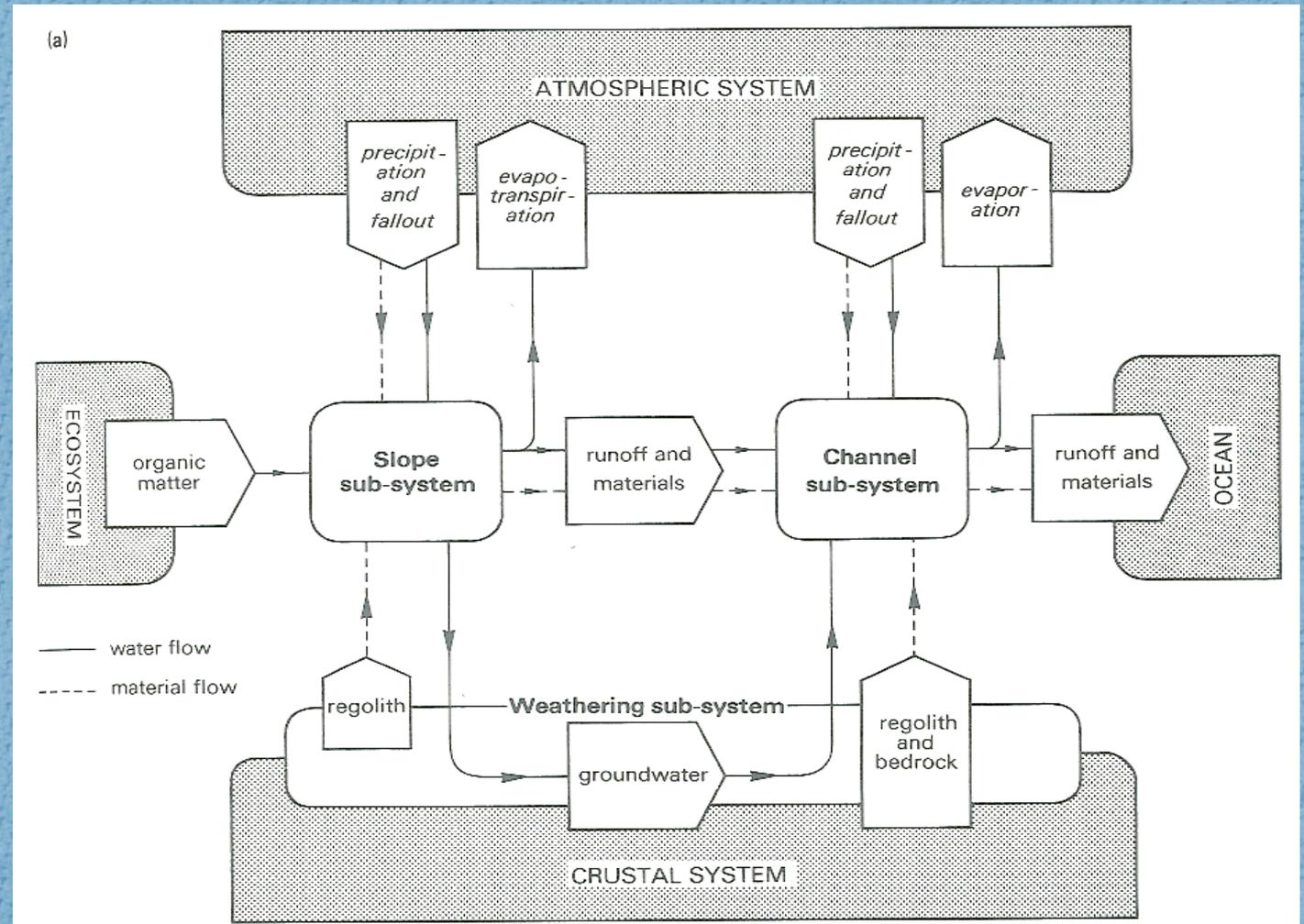
Bassin versant ou bassin hydrographique

- Le territoire qui alimente ce dernier
- Séparé des bassins contigus par des hautes terres appelées *lignes de partage des eaux*



Pologne

Le bassin versant



Les plus grands cours d'eau du monde

Rang	Selon la superficie du bassin versant		Selon la longueur		Selon le débit total annuel moyen	
	Nom	Superficie du bassin versant (1000 km ²)	Nom	Longueur (km)	Nom	Débit total annuel moyen (km ³ /yr)
1	Amazone	6 915	Nil	6 670	Amazone	6 923
2	Congo	3 680	Mississippi*	6 420	Gange	1 386
3	Murray	3 520	Amazone	6 280	Congo	1 320
4	La Plata	3 100	Yangtze	5 520	Orinoco	1 007
5	Ob	2 990	Mackenzie*	5 472	Yangtze	1 006
6	Mississippi*	2 980	La Plata	4 700	La Plata	811
7	Nil	2 870	Hwang Ho	4 670	Yénisei	618
8	Yénisei	2 580	Mekong	4 500	Lena	539
9	Lena	2 490	Lena	4 400	Mississippi*	510
10	Niger	2 090	Congo	4 370	Mekong	505
11	Amur	1 855	Niger	4 160	Chutsyan	430
12	Yangtze	1 800	Ob	3 650	Ob	404
13	Mackenzie*	1 790	Yénisei	3 490	Amur	360
			Murray	3 490		
14	Gange	1 730	Volga	3 350	Mackenzie*	325
15	Volga	1 380	Indus	3 180	Saint-Laurent*	318
16	Zambezi	1 330	Saint-Laurent*	3 060	Niger	302
17	Saint-Laurent*	1 030	Gange	3 000	Volga	255
			Yukon*	3 000		

Source :
Adaptation de
*World Water
Resources and
Their Uses*.
Document du SHI
et de l'UNESCO
réalisé par Prof. Igor
A. Shikomanov.

Les estuaires

❑ Certains cours d'eau se jettent dans les **océans**

☀ Les zones soumises à l'action des marées où l'eau salée se mêle à l'eau douce s'appellent les **estuaires**

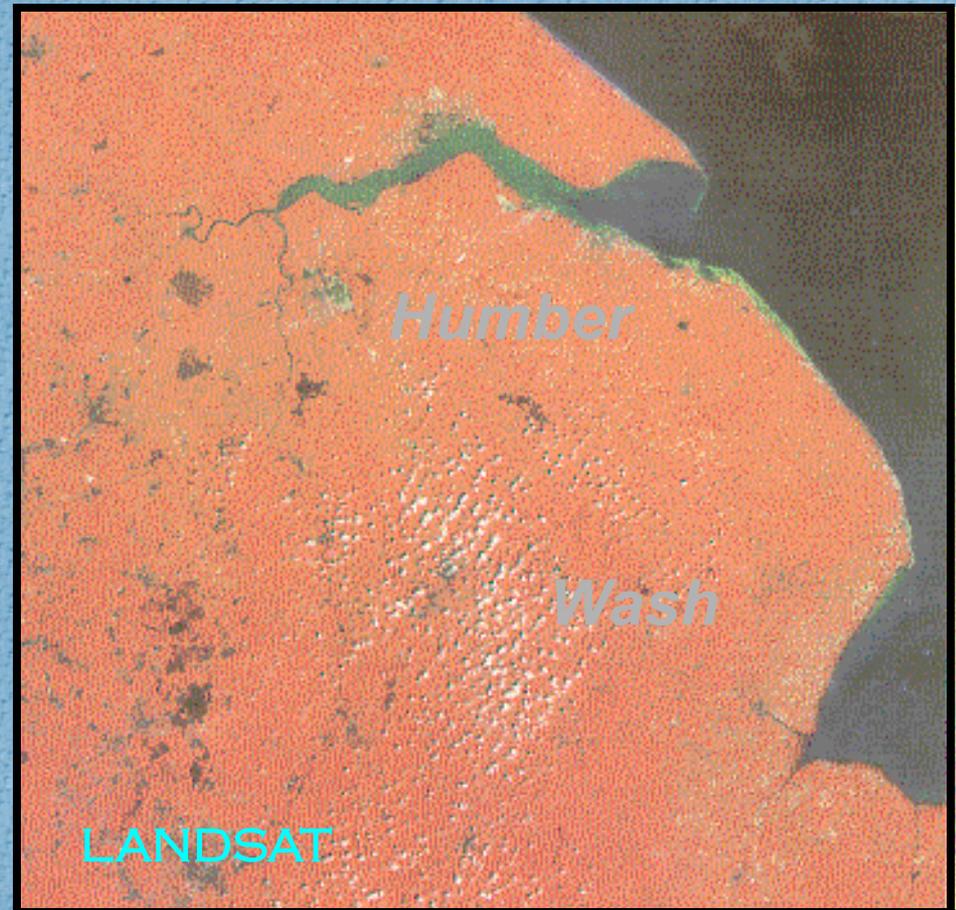
☀ Ces écosystèmes productifs renferment des regroupements uniques d'organismes



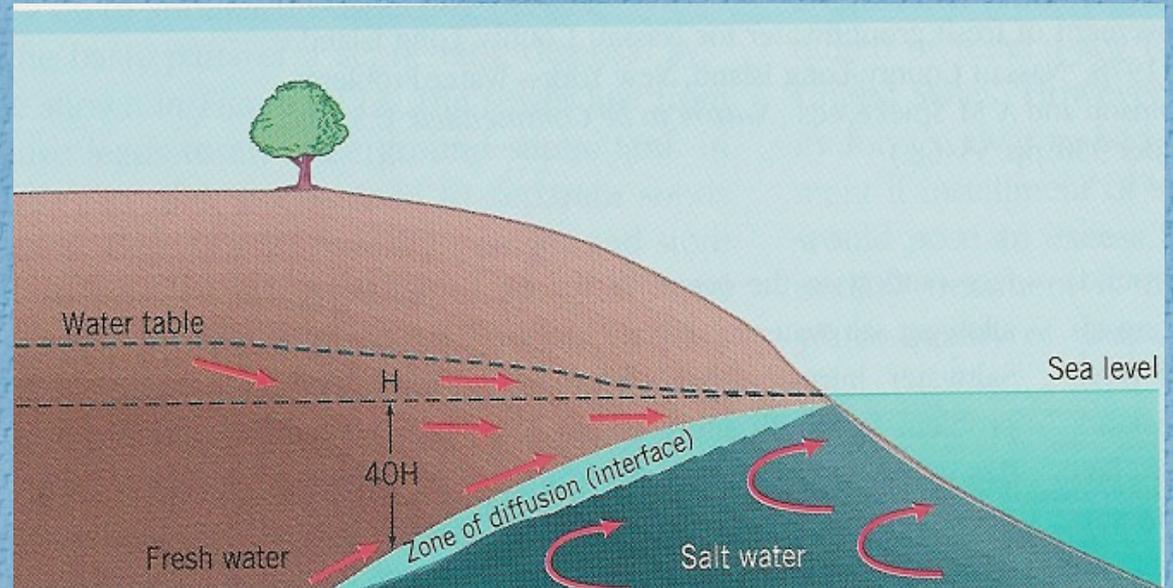
Baie de
Somme

Estuaries can be classified according to the tidal range:

- ☀ micro-tidal = $< 2\text{m}$
- ☀ $2 < \text{meso} < 4\text{m}$
- ☀ $4 < \text{macro} < 6\text{m}$
- ☀ hyper or mega $> 6\text{m}$



Biseau salé : un estuaire souterrain



- Système naturel à la côte
- H = hauteur de la nappe au-dessus du niveau de la mer

Les lacs

Loch Lomond Ecosse



- Un lac est une masse d'eau entourée de terre et alimentée par les cours d'eau, les sources ou les précipitations locales.
- Les lacs peuvent être classés d'après leur formation et leur condition chimique ou biologique. Une de ces classifications identifie deux types de lacs : *oligotrophe* et *eutrophe*.
- ✦ Les lacs oligotrophes sont caractérisés par une assez faible productivité.
- ✦ Les lacs eutrophes sont moins profonds et plus productifs.

Les plus grands lacs du monde

Rang (selon la superficie)	Nom	Superficie (km ²)	Profondeur maximale (m)
1	Mer Caspienne	374 000 – 436 000	946 – 1 025
2	Supérieur*	82 100 – 83 300	307 – 406
3	Victoria	62 940 – 69 900	80 – 92
4	Huron*	59 500 – 59 800	223 – 229
5	Michigan	57 016 – 58 100	265 – 285
6	Tanganyika	32 000 – 34 000	1 435 – 1 470
7	Baykal	31 500	1 620 – 1 741
8	Grand lac de l'Ours*	30 200 – 31 792	137 – 445
9	Grand lac des Esclaves*	27 000 – 28 570	156 – 614
10	Érié*	25 657 – 25 720	64
11	Winnipeg*	24 387 – 24 600	19 – 28
13	Ontario*	18 760 – 19 480	225 – 273
22	Athabasca*	7 935 – 8 080	60 – 124
29	Winnipegosis*	5 370 – 5 470	12

Source :
Adaptation de
Peter H. Gleick,
Water in Crisis,
New York,
Oxford University
Press, 1993.

*Situé en tout ou
en partie au
Canada.

Les étangs et mares

Les **étangs** sont des étendues d'eau calme de petite taille

☀️ situées dans des perturbations naturelles telles que des cuvettes formées de pierre à chaux ou

☀️ résultant de la construction de barrages par l'être humain ou le castor.

Étang de la Brenne,
région dite
"aux mille étangs",
dans le Berry



Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. Propriétés de l'eau
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. **L'eau agent de transport**
6. Qualité de l'eau et organismes vivants

L'eau – agent de transport

☛ L'eau joue un rôle important dans la transformation du paysage en déplaçant de grandes quantités de sol sous forme de *sédiments*. *Ceux-ci sont arrachés par érosion au paysage, transportés par les réseaux hydrographiques, puis déposés dans un lac ou une mer.*

☛ Le processus de *transport* débute à la surface terrestre lorsque des gouttes de pluie causent de l'érosion en nappe.

☛ Les rigoles, ravins, ruisseaux et rivières servent ensuite de couloir pour évacuer les sédiments.

☛ Plus le débit, ou taux d'écoulement, est important, plus la capacité de transport des sédiments est élevée.

Travaux dirigés

● En quoi les sédiments sont-ils importants pour les humains ?

Cycle des sédiments

■ Le cycle des sédiments débute par le processus d'*érosion*: des particules ou fragments sont arrachés aux matériaux rocheux sous l'action des **agents d'érosion** :

- Eau
- Vent
- Glaciers
- Activités des plantes et animaux



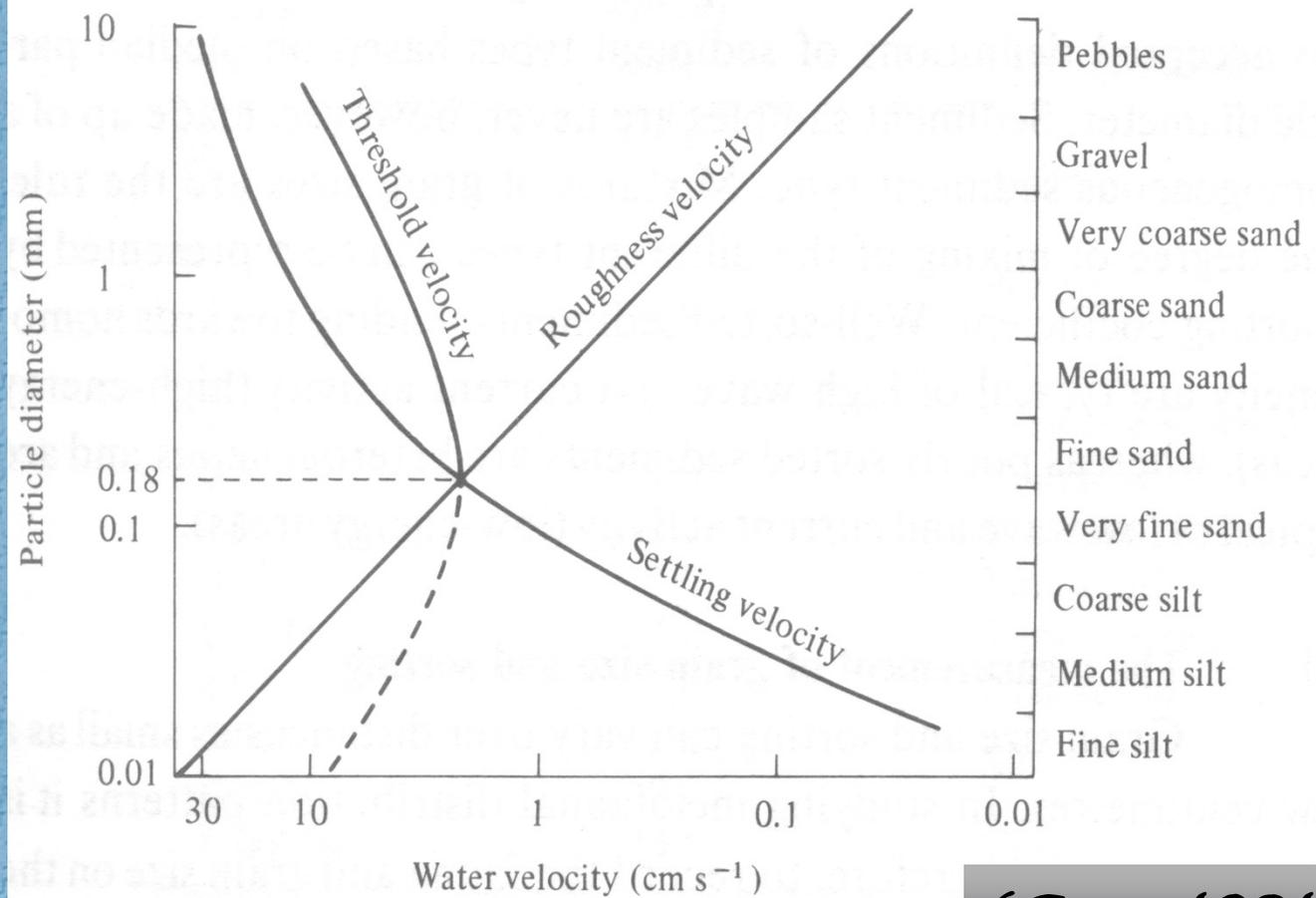
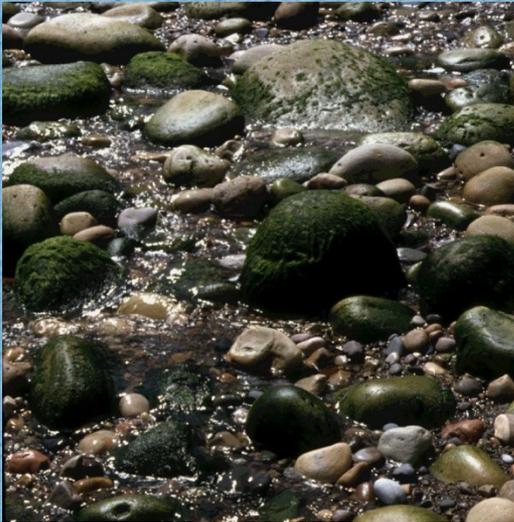
Erosion naturelle et anthropique

- L'érosion naturelle, ou géologique, est un processus lent, qui s'étend parfois sur des siècles ou des millénaires.
- L'érosion résultant de l'activité humaine, dite anthropique, peut se produire beaucoup plus rapidement.

Cycles sédimentaires

- Le cycle se termine avec l'*accumulation*. Lorsque l'énergie ne suffit plus pour déplacer les sédiments, ceux-ci s'immobilisent.
- ☀ Les bassins ou zones d'accumulation comprennent les matériaux nouvellement déposés d'une plaine d'inondation, les îles et bancs d'un chenal et les deltas
- ☀ L'accumulation, même si elle est considérable, n'est pas nécessairement apparente; c'est le cas de celle qui se produit sur les lits fluviaux et lacustres.
- *Pour comprendre les écosystèmes aquatiques, il faut absolument connaître la dynamique des sédiments.*

Grain-size distribution



(Gray 1981)

- ❑ Roughness velocity: laminar flow changes to turbulent
- ❑ Threshold velocity: just sufficient to move particles
- ❑ Settling velocity: % of particles

Les sédiments sont mesurés et classés en fonction de leurs caractéristiques dynamiques :

☀ débit des sédiments **en suspension** (en suspension dans l'eau);

☀ charriage (roulage ou saltation **au fond**);

☀ matériaux du lit (**stationnaires**).

La *concentration* : rapport entre les sédiments (poids sec) et le mélange total eau-sédiments exprimé en milligrammes par litre (mg/l).

La *granulométrie* : mesure de la taille des particules de sédiments; on distingue les sables, les limons et l'argile.

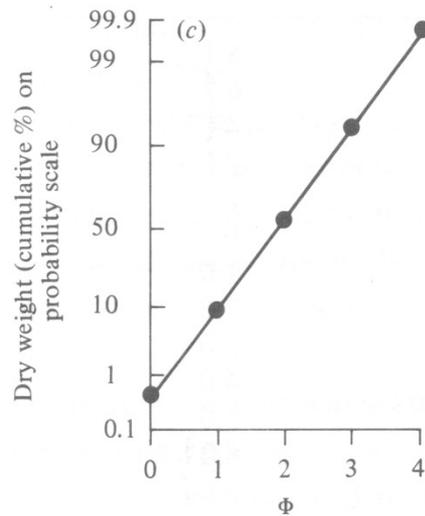
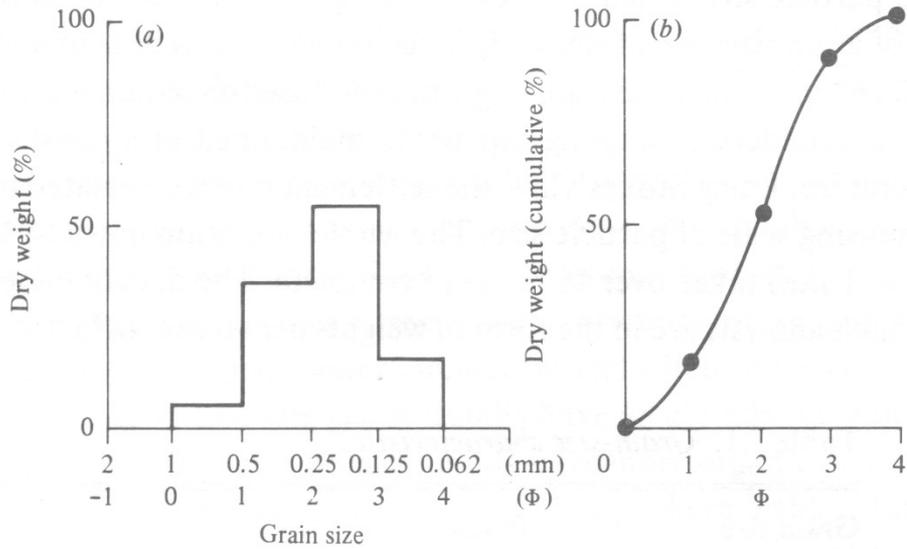
Sediments parameters

- 📍 intertidal
- 🌬️ wind
- 💧 moisture
- 📍 grain size
- 🌱 silt/clay fraction is separated at 0.064 mm



**sands dried and sieved on a decreasing geometric scale
fine particles by sedimentation**

Grain-size plot for sediments



- (a) % dry weight against grain size
- (b) cumulative %
- (c) probability scale (log)

(Gray 1981)

Grain-size characteristics

GRAIN SIZE (mm)	Phi (ϕ) SCALE	TYPE
256	-8	Cobble
64	-6	Cobble
16	-4	Pebble
4	-2	Pebble
2	-1	Granule
1	0	Very coarse sand
.5	1	Coarse sand
.25	2	Medium sand
.125	3	Fine sand
.0625	4	Very fine sand
.031	5	Coarse silt
.0039	8	Silt
.002	9	Silt
.00006	14	Clay

$$\phi = -\log_2$$

Le rôle des sédiments

■ Les sédiments transportés dans l'eau ont divers effets :

☀ Substances chimiques toxiques

☀ Navigation

☀ Pêches et habitats aquatiques

☀ Foresterie

☀ Approvisionnement en eau

☀ Production d'énergie

☀ Agriculture

- La plaine inondable est une étendue relativement plate, attenante à un lac ou à une rivière, et susceptible d'être envahie par les eaux de crues.
- C'est dans la section principale d'écoulement, la partie de la plaine inondable où les eaux s'écoulent le plus rapidement, que les inondations produisent leurs plus grands ravages.

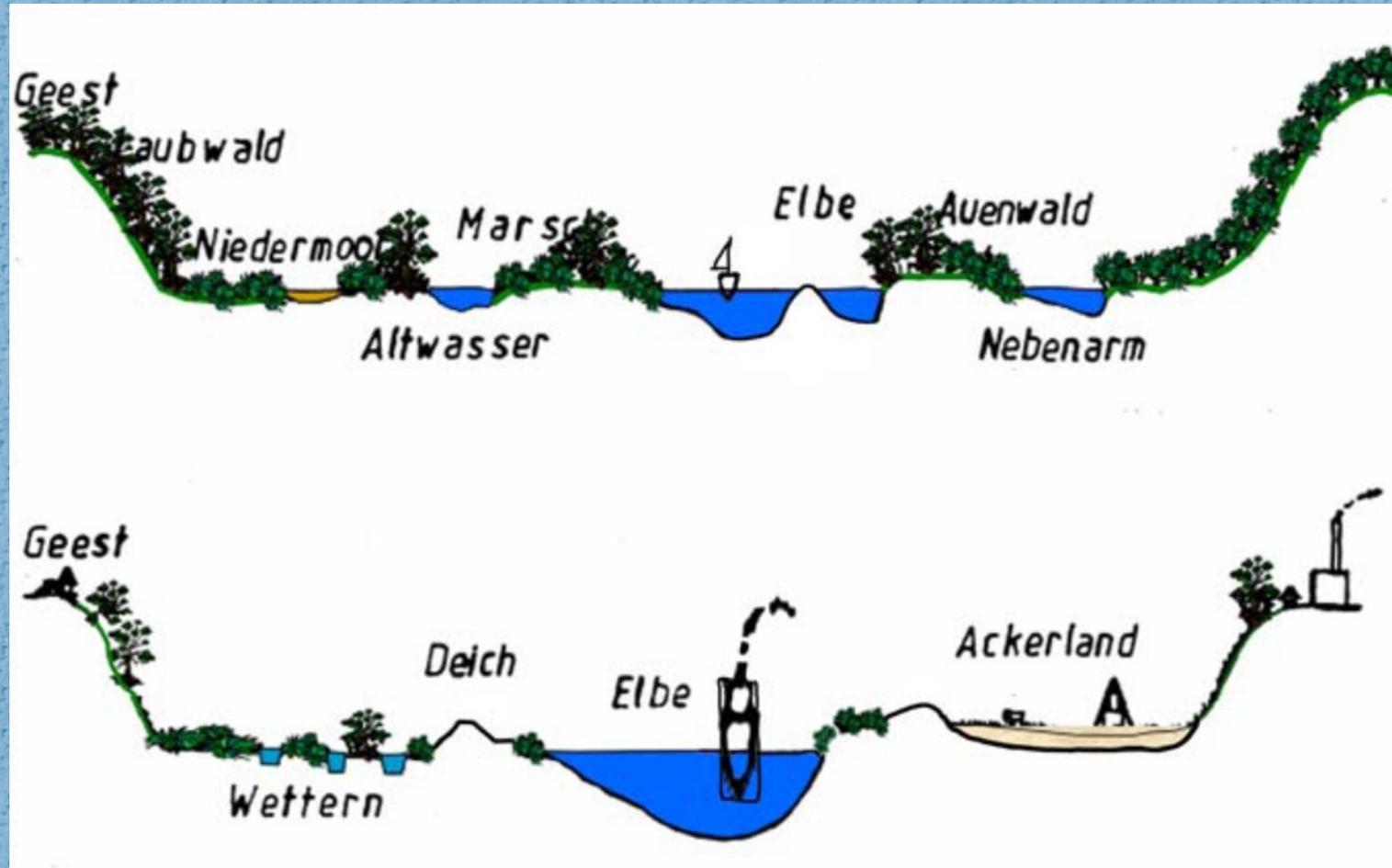


Somme, 2001

Inondation

S

La plaine d'inondation



Endigage de la plaine d'inondation de l'Elbe (Allemagne)

Le cycle de l'eau

1. Introduction
2. Propriétés de l'eau
3. Le cycle hydrologique
 - a) Processus
 - b) La croûte terrestre et le manteau
 - c) L'atmosphère
4. Les réservoirs
 - a) Présentation
 - b) L'eau souterraine
 - c) Cours d'eau
 - d) Lacs et étangs
5. L'eau agent de transport
6. **Qualité de l'eau et organismes vivants**

Qualite de l'eau

- Les scientifiques évaluent la *qualité de l'eau* en mesurant les quantités des divers constituants contenus dans l'eau. Ces quantités sont souvent exprimées en milligrammes par litre (mg/l).
- Le fait qu'une eau convienne pour une utilisation donnée dépend de nombreux facteurs tels que la dureté, la salinité et le pH.
- Les valeurs acceptables de chacun de ces paramètres pour toute utilisation donnée dépendent de l'utilisation, et non pas de la source de l'eau, de sorte que les considérations importantes pour les eaux de surface s'appliquent également à l'eau souterraine.

Les organismes présents dans les écosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques renferment habituellement une grande variété de formes de vie :

☀ Bactéries

☀ Champignons

☀ Protozoaires

☀ Plancton : plantes et animaux microscopiques vivant en suspension dans l'eau

☀ Invertébrés benthiques : larves d'insectes, escargots, vers, etc.

☀ Vertébrés : poissons amphibiens, les reptiles et les oiseaux

☀ Phanérogames : joncs, parnassies, roseaux, etc.

Les virus font aussi partie intégrante de l'écologie microbienne des eaux naturelles : jouent un rôle important dans les cycles des éléments nutritifs et de l'énergie.

Habitats aquatiques

- La composition des biocénoses varie d'un écosystème à l'autre
- Les conditions d'habitat particulières à chacun d'eux tendent à influencer sur la distribution des espèces.

- *Dans les cours d'eau :*

- *riches en oxygène*
- *écoulement rapide*

- *Dans les étangs :*

- *haute teneur en matière organique*