

# Intervention 1

**Cycles de l'eau et répartition**  
**des précipitations : une forte**  
**dimension spatiale**

Cycles de l'eau et répartition des précipitations : une forte dimension spatiale

Introduction : enjeux et cadrage

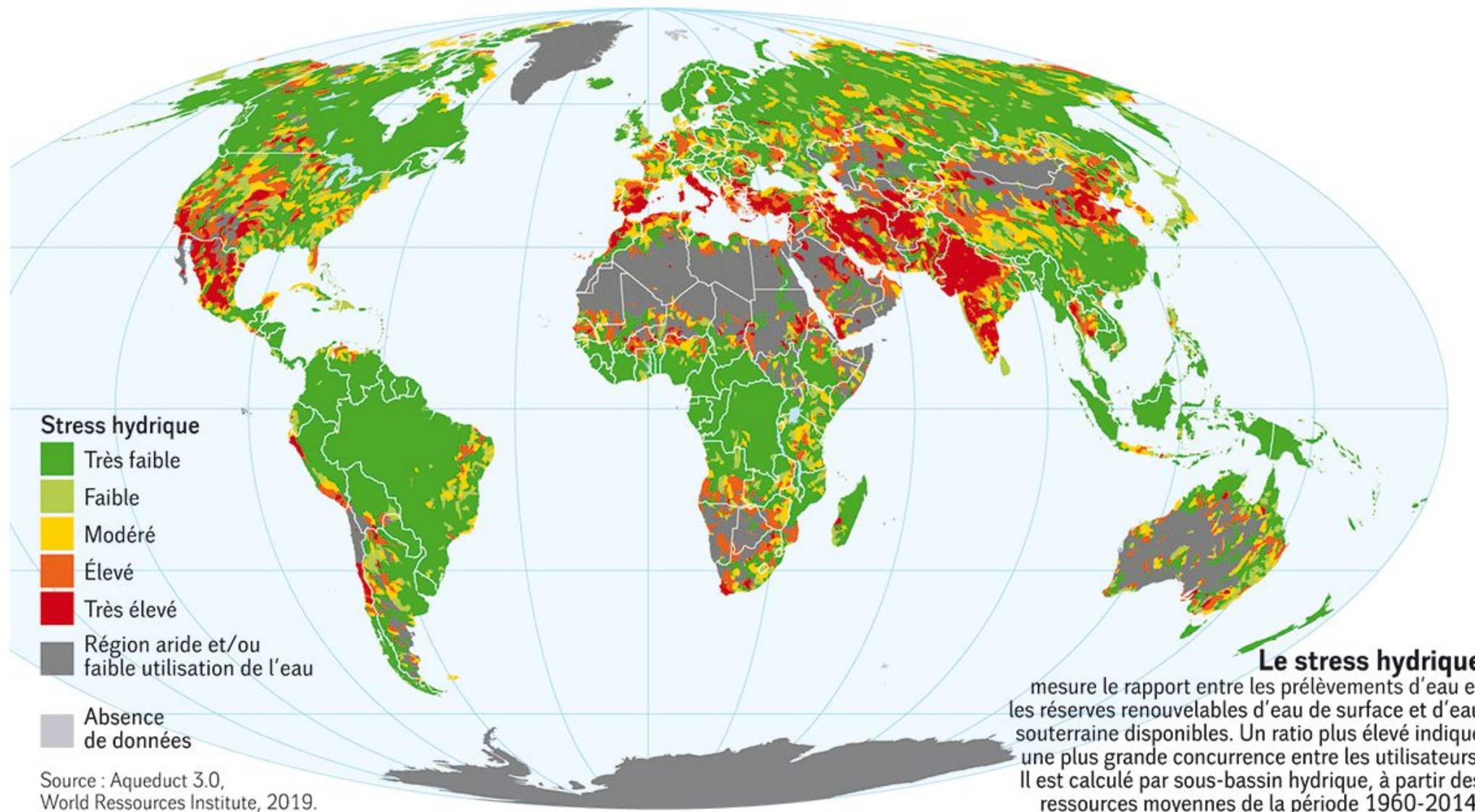
**Eau = enjeu à échelle mondiale**



# Eau = enjeu à échelle mondiale

- dimension « **ressource** » :

Stress hydrique (rapport entre prélèvements et approvisionnement)



# Eau = enjeu à échelle mondiale

## - dimension « ressource » :

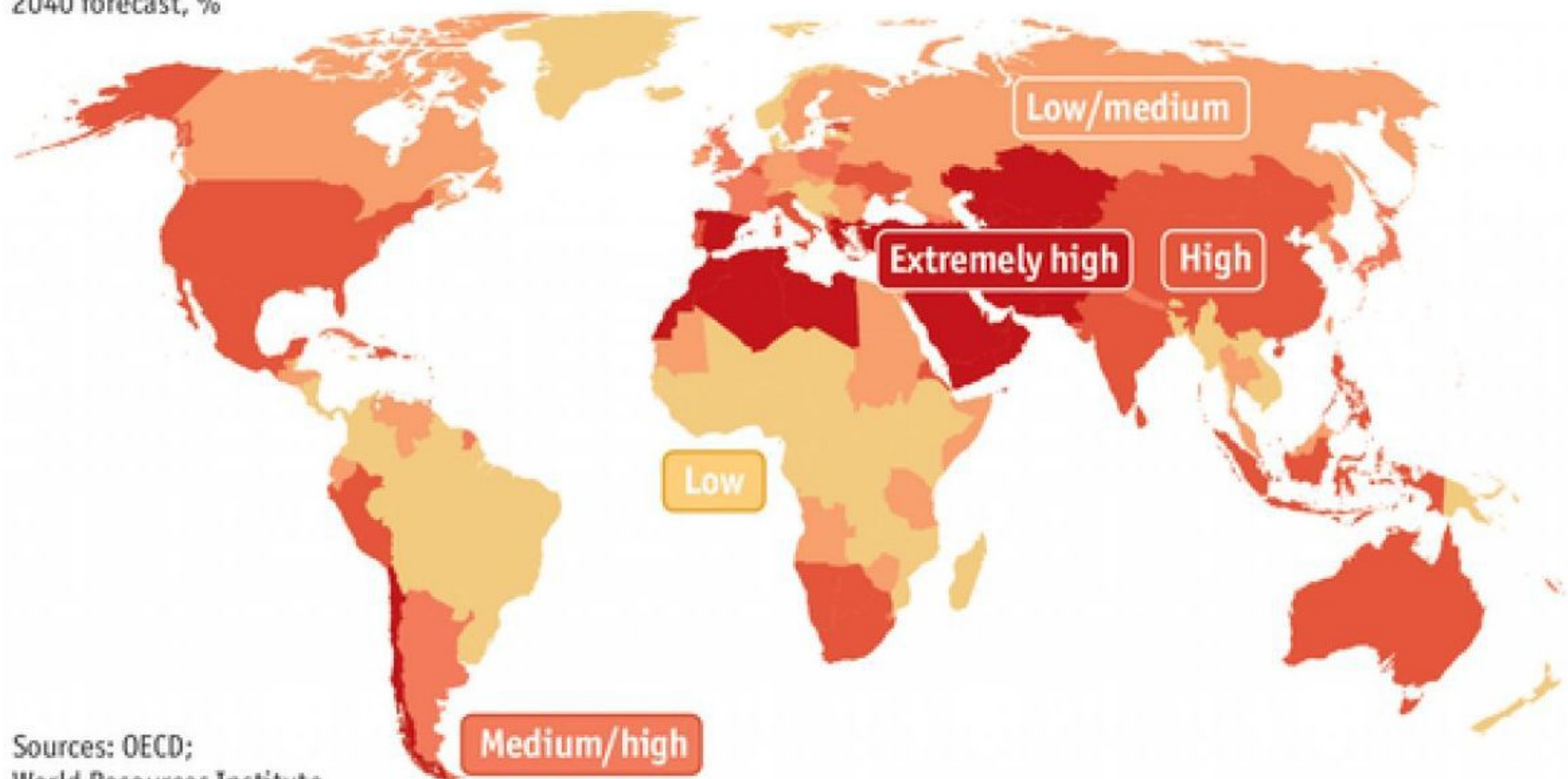
Stress hydrique (rapport entre prélèvements et approvisionnement).

Prévisions pour 2040

### Water pressure

Water stress, ratio of withdrawals to supply  
2040 forecast, %

Below 10   10-20   20-40   40-80   Over 80



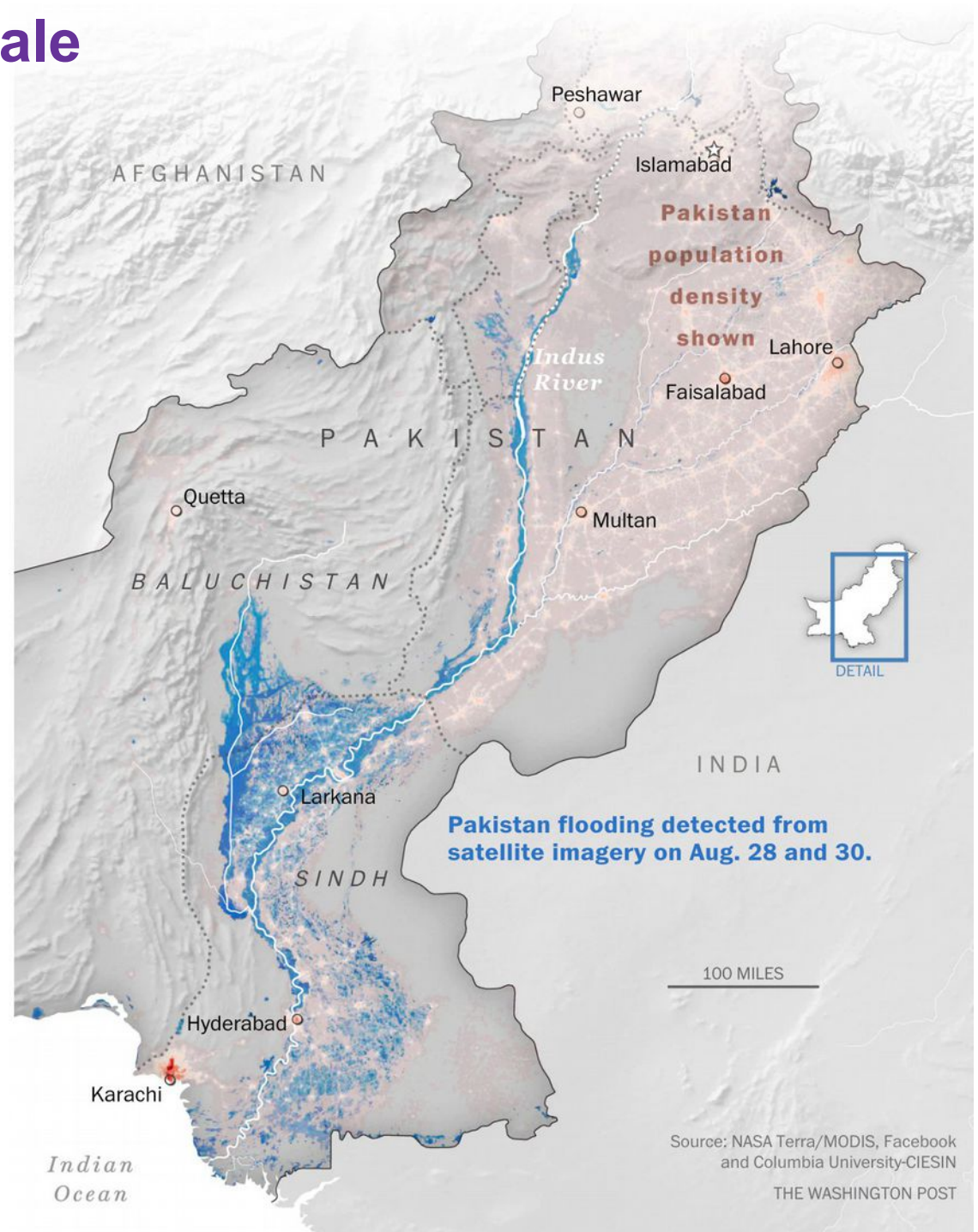
Sources: OECD;  
World Resources Institute

# Eau = enjeu à échelle mondiale

- dimension « **ressource** »

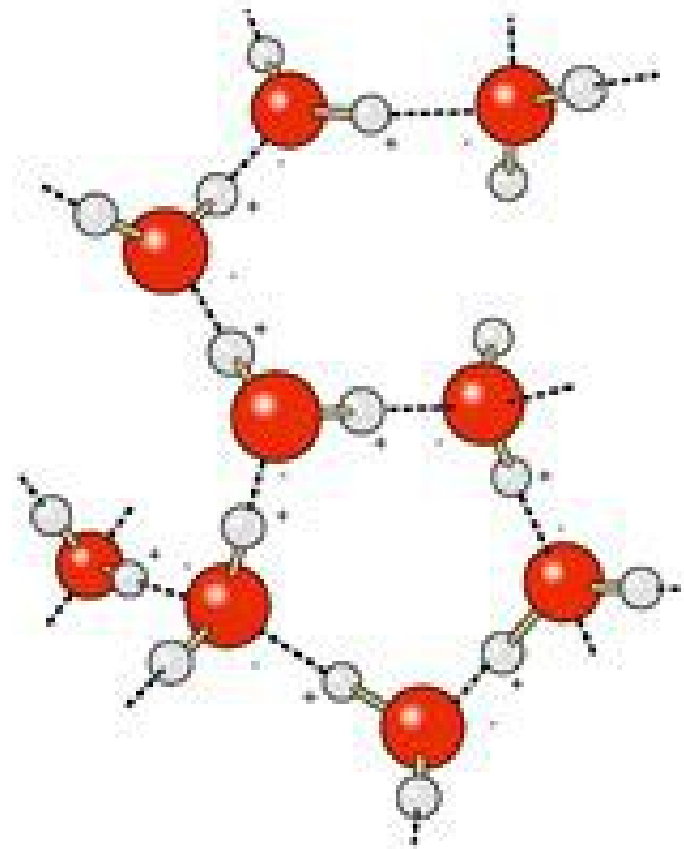
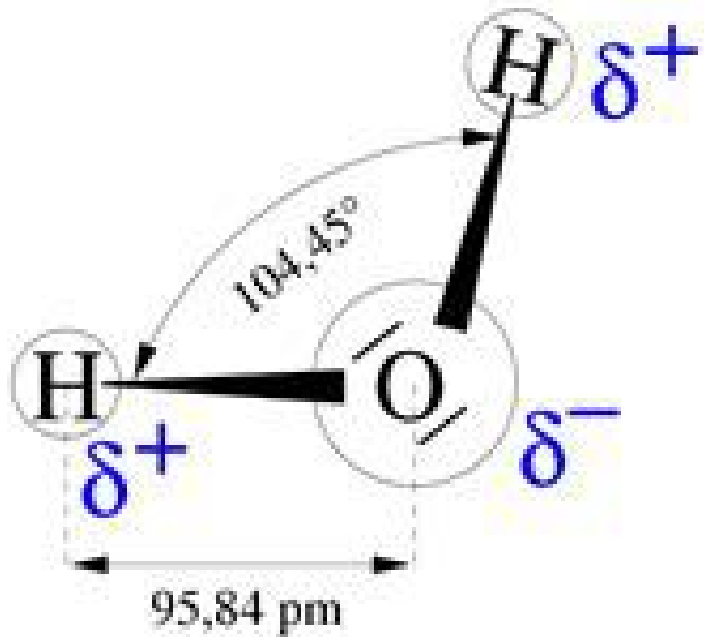
- dimension « **risque** » :

Inondations au Pakistan  
(août 2022)



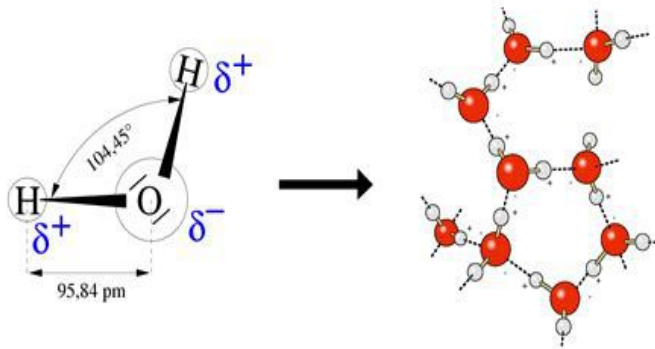
**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes**

La molécule d'eau

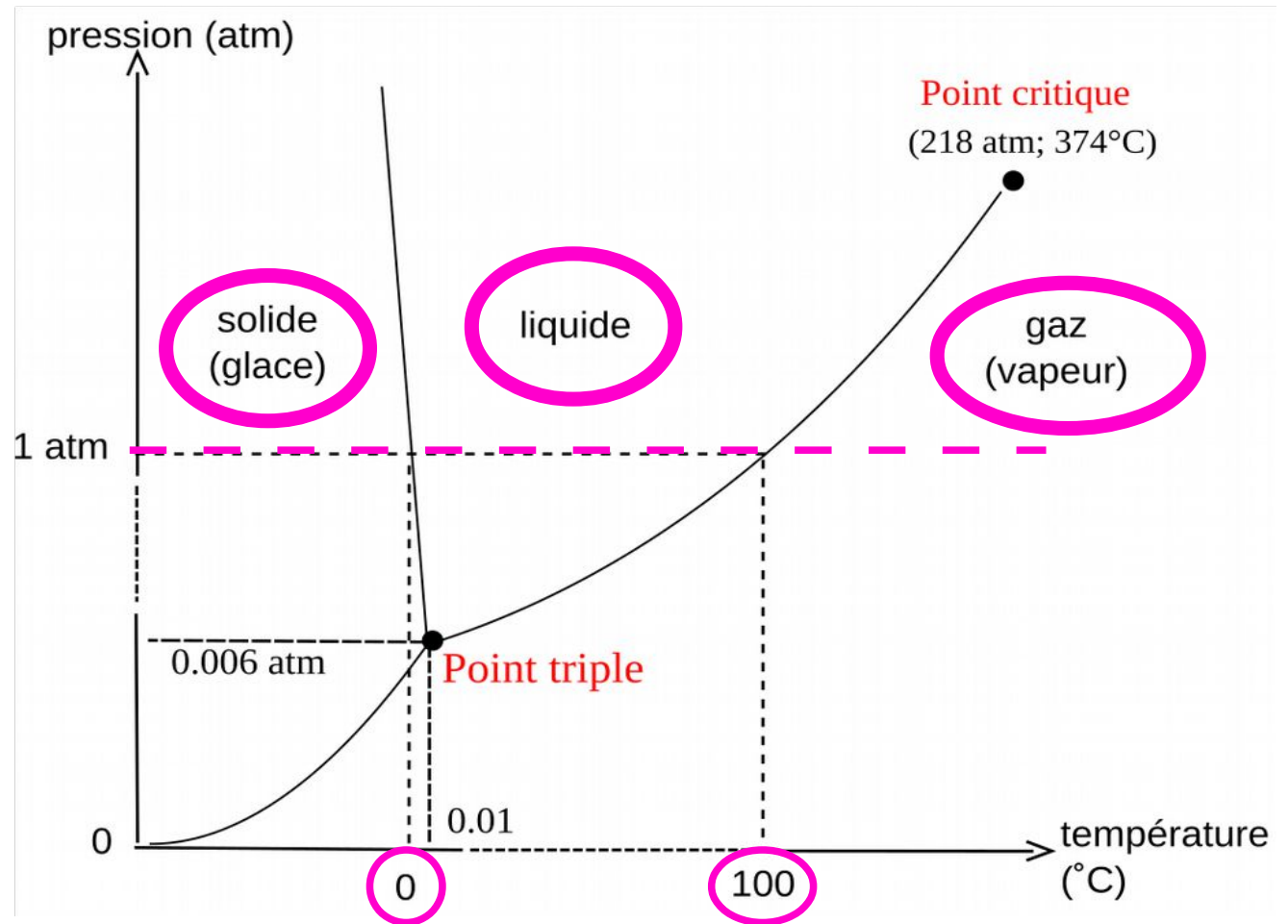


# Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes

## La molécule d'eau

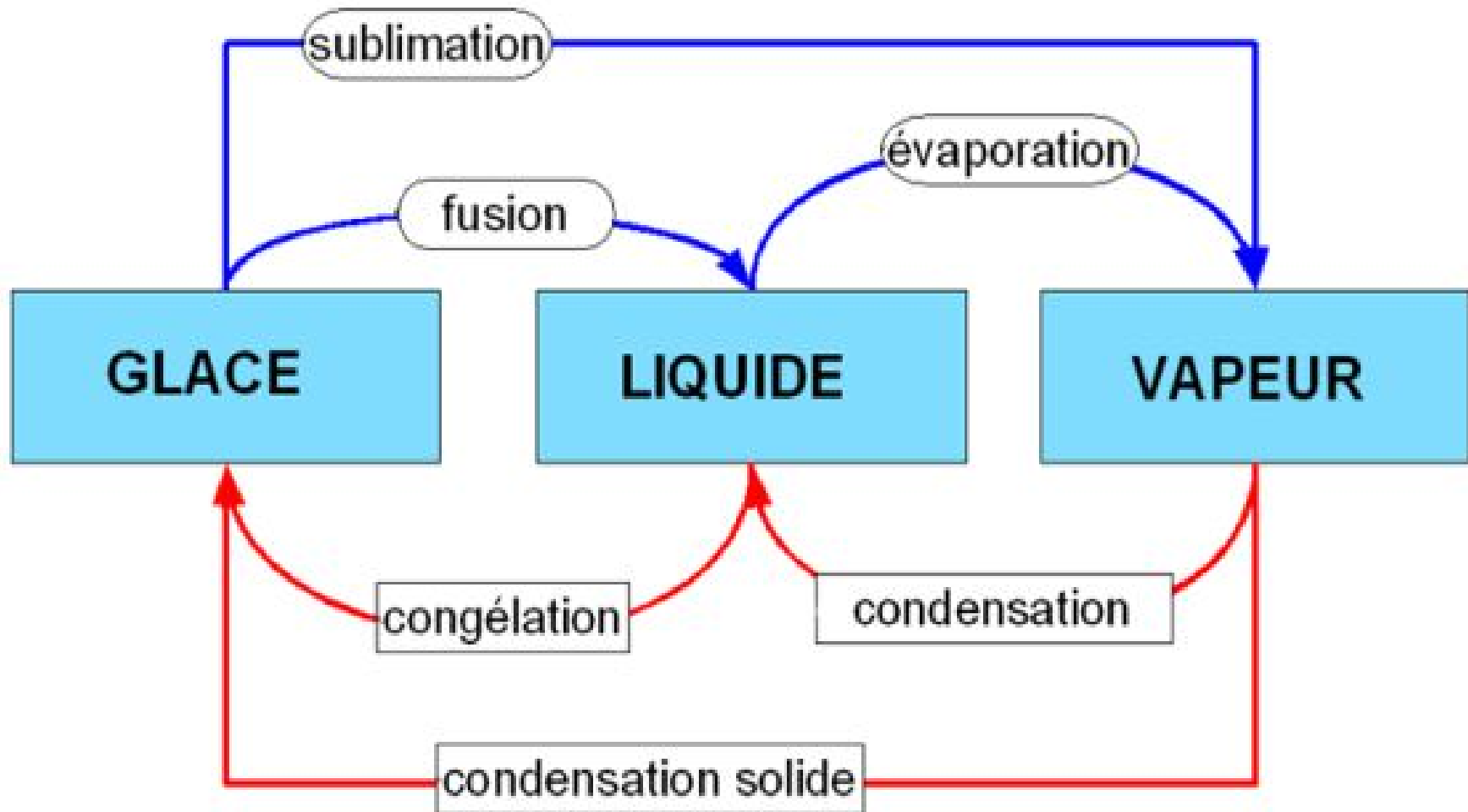


## Les 3 états de l'eau



**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes**

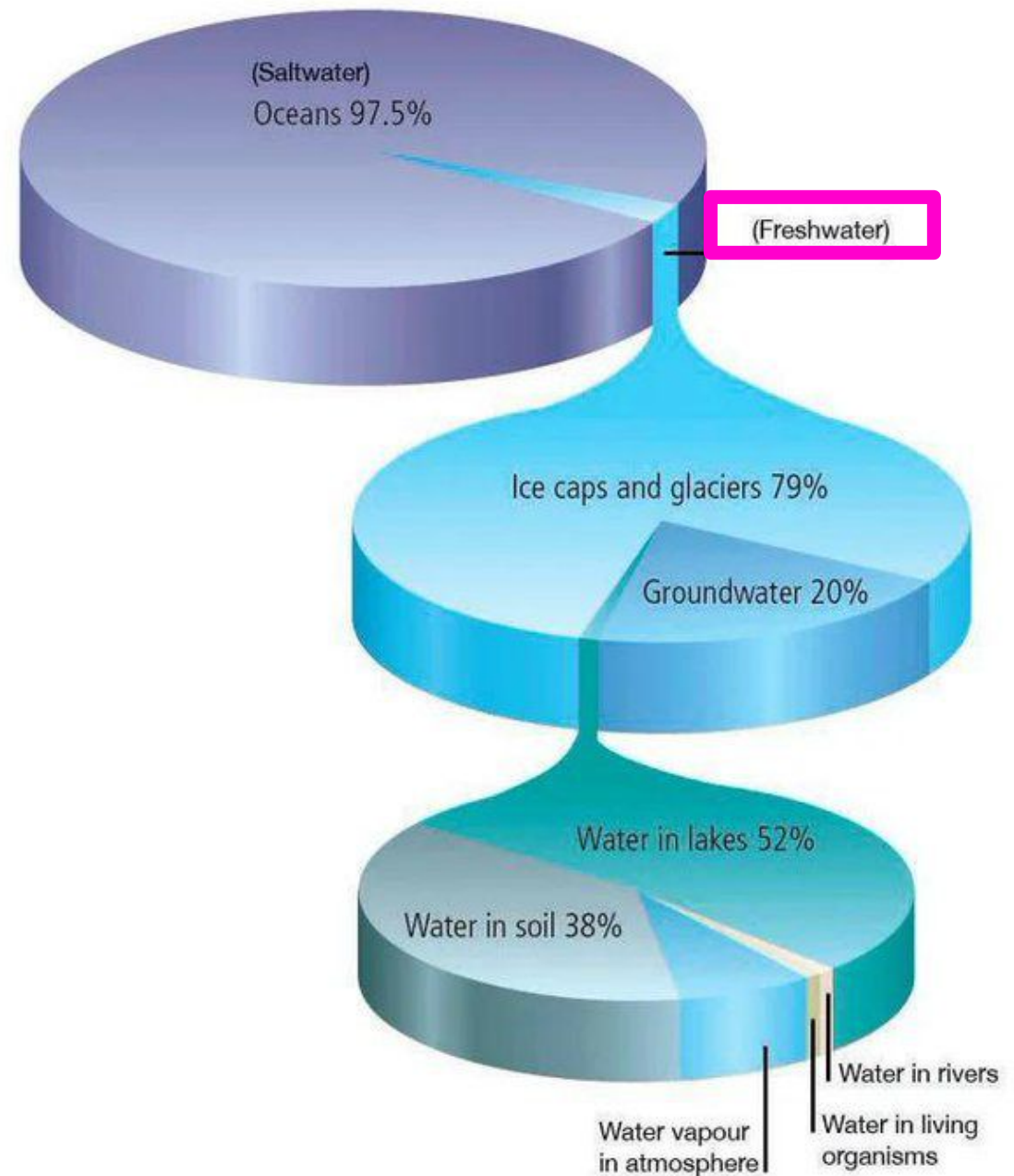
Les 3 états de l'eau, les passages et leurs liens





# Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes

## Les types d'eau et leur Répartition en masse



## Introduction : enjeux et cadrage

**Eau = enjeu à échelle mondiale**

- dimension « ressource »
- dimension « risque »

**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes**

**Formes liquide-solide et vocabulaire**

- pluie, bruine
- neige (flocons), grésil
- grêle (nuages à haute altitude)
- brouillard, brume, rosée
- gelée blanche, givre, brouillard givrant, verglas

**Pas l'eau en elle même qui intéresse mais**

- multiples connexions établit entre monde minéral et monde vivant
- services rendus (transporte, recycle, décape, nettoie, nourrit, ...)

## Introduction : enjeux et cadrage

**Eau = substance chimique** (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes

Pas l'eau en elle même qui intéresse mais

- multiples connexions établit entre monde minéral et monde vivant
- services rendus (transporte, recycle, décape, nettoie, nourrit, ...)

**3 états => échanges et circulation à toutes les échelles entre sphères de substances et énergie => eau vecteur**

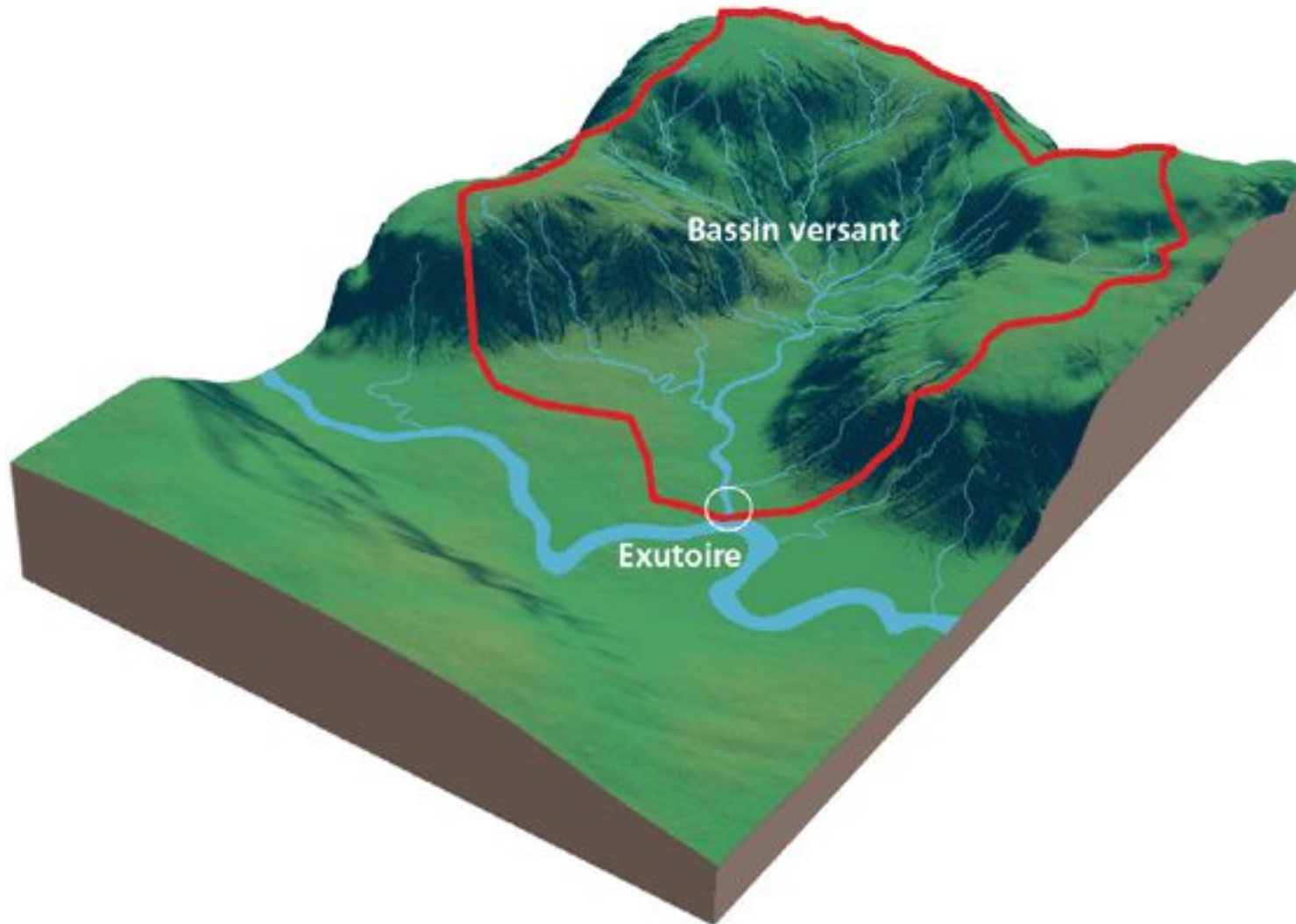
a. eau = GES (60%) qui permet l'**habitabilité** de la Terre

b. eau = élément léger donc mobile

et dans différents **espaces**

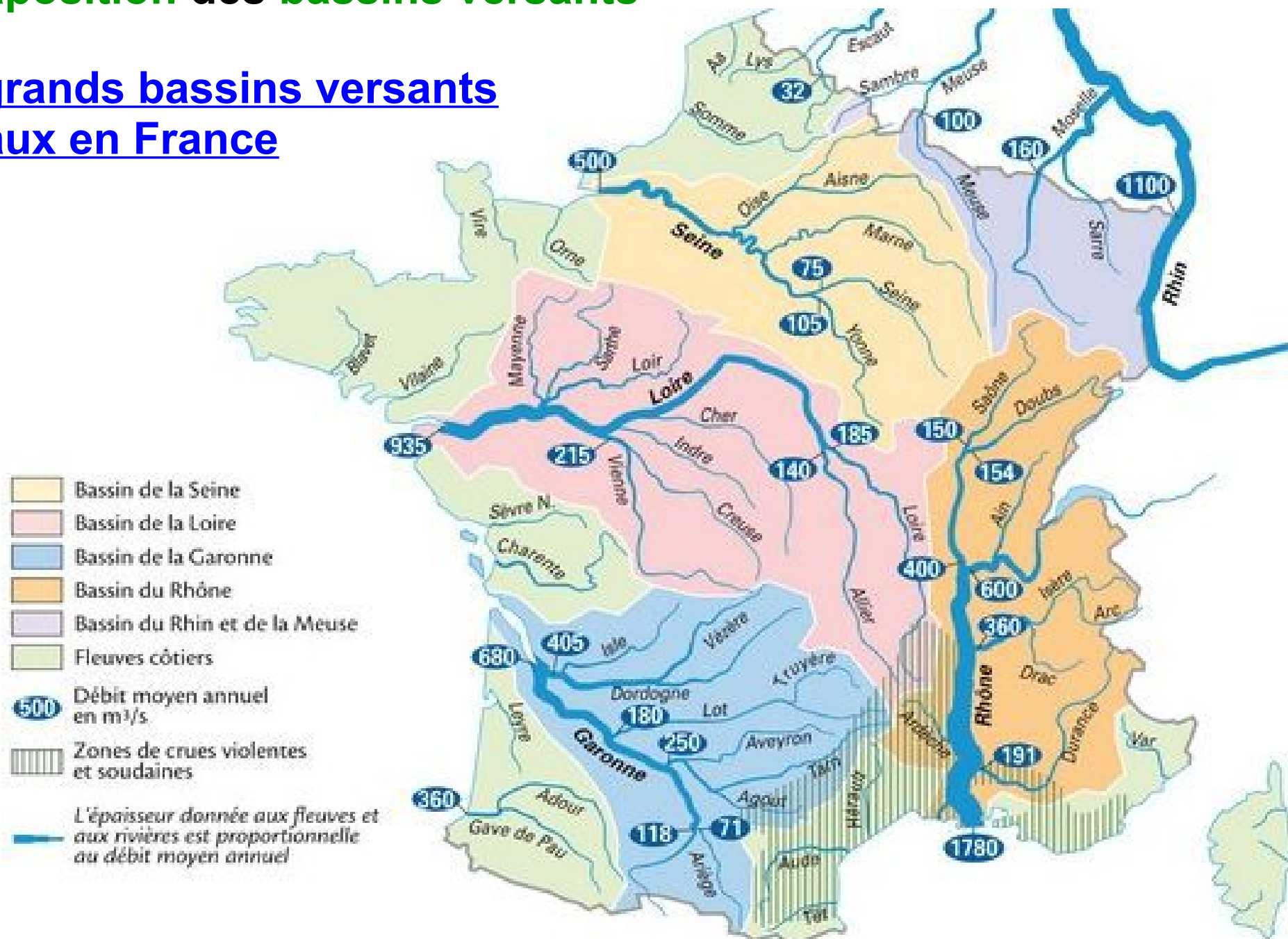
**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes et dans différents espaces**

Une **organisation spatiale** de l'eau de surface spécifique : le **bassin versant** (aire d'alimentation des cours d'eau)



# Juxtaposition des bassins versants

## Les grands bassins versants fluviaux en France



## Emboîtement d'échelles spatiales

### Le bassin versant de la Loire et ses sous-bassins versants



## Introduction : enjeux et cadrage

**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes et dans différents espaces**

**Organisation spatiale de l'eau de surface spécifique : le bassin versant (aire d'alimentation des cours d'eau)**

**Juxtaposition des bassins versants**

**Emboîtement d'échelles spatiales**

**Organisation différente entre eaux courantes (linéaire) et eaux stagnantes (zones humides) (linéaire et surfacique)**

**Organisation**  
**différente entre eaux**  
**courantes (linéaire)**  
**et eaux stagnantes**  
**(zones humides)**  
**(linéaire et surfacique)**





## Introduction : enjeux et cadrage

**Eau = enjeu à échelle mondiale**

**- dimension « ressource »**

**- dimension « risque »**

**Eau = substance chimique (H<sub>2</sub>O) sous différentes formes et dans différents espaces**

**Organisation spatiale de l'eau de surface spécifique : le bassin versant (aire d'alimentation des cours d'eau)**

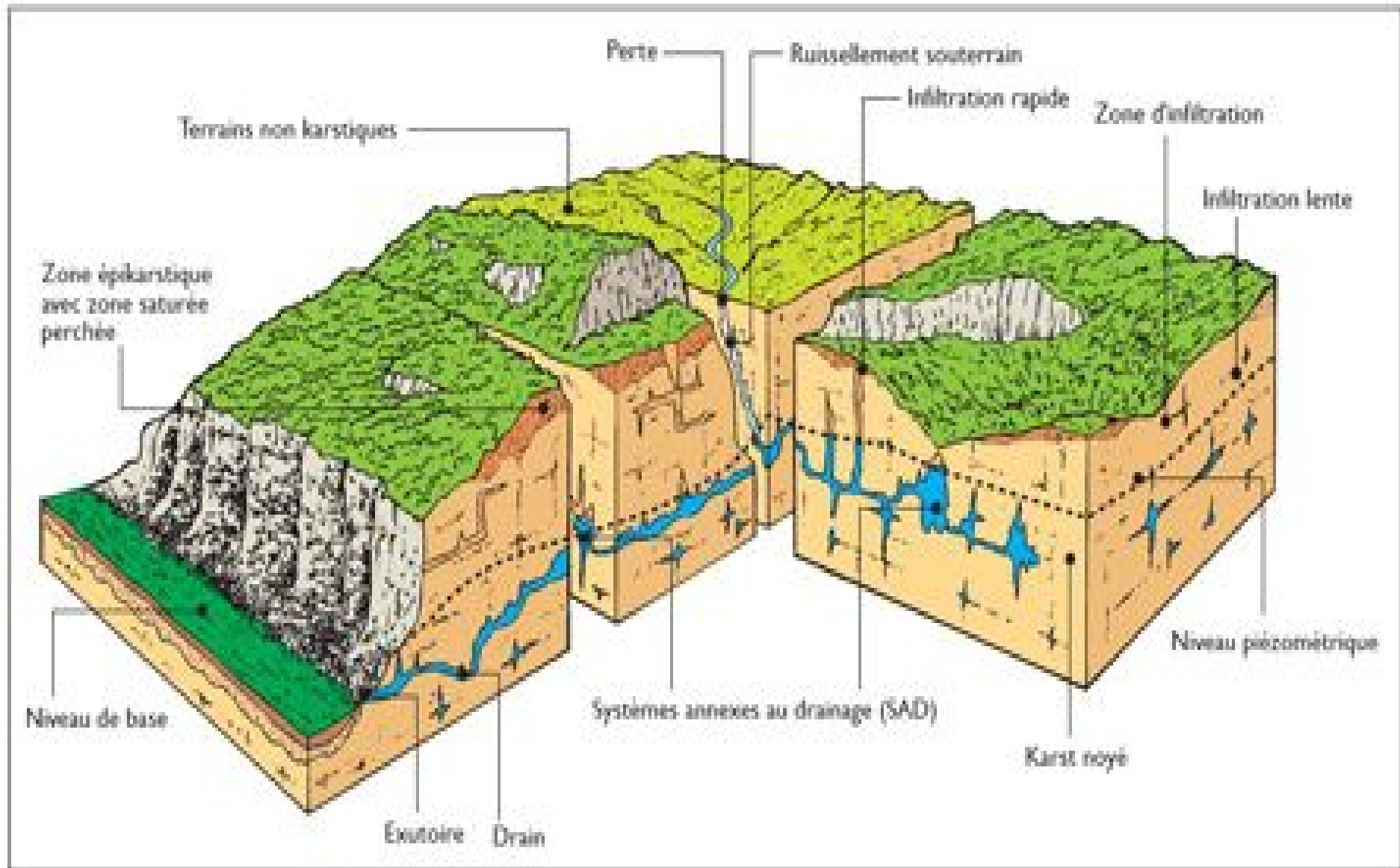
**Juxtaposition des bassins versants**

**Emboîtement d'échelles spatiales**

**Organisation différente entre eaux courantes (linéaire) et eaux stagnantes (zones humides) (linéaire et surfacique)**

**Opposition - complémentarité entre eaux de surface (courantes et stagnantes) et eaux souterraines (géologiquement dépendantes)**

**Opposition - complémentarité entre eaux de surface (courantes et stagnantes) et eaux souterraines (géologiquement dépendantes : failles, perméabilité) (karst calcaire : Balkans, Jura, ...)**



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : une question d'échelle

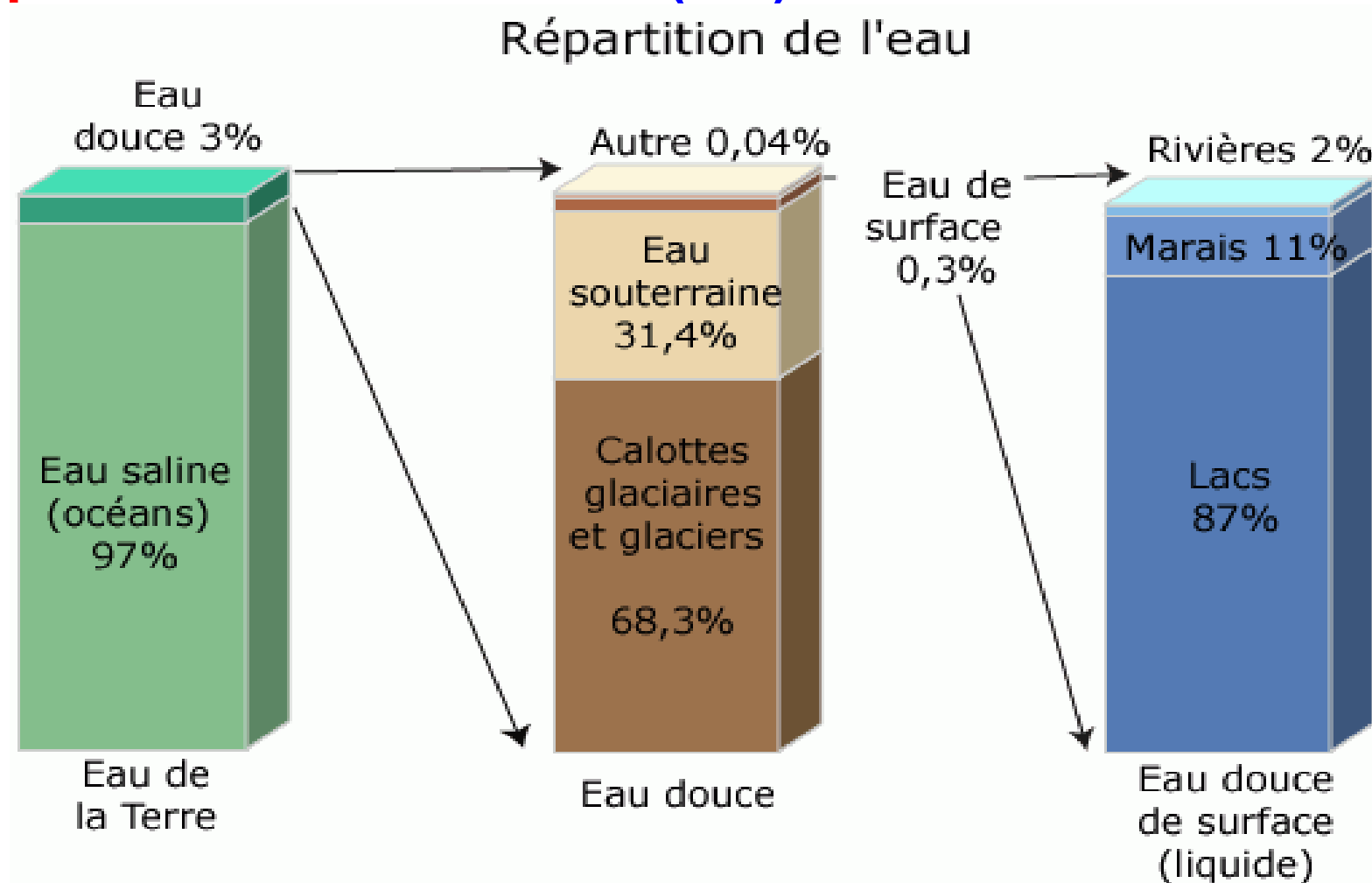
## Eau douce

- écoulement (fleuve, rivière)
- stockage (lac)
- souterraine (nappe phréatique, aquifère)
- glace, neige
- robinet (eau potable)

## Eau douce

- écoulement (fleuve, rivière)
- souterraine (nappe phréatique, aquifère)
- robinet (eau potable)
- stockage (lac)
- glace, neige

= **une petite fraction de l'eau (3%)** / eau salée



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : une question d'échelle

## A. Le grand cycle de l'eau

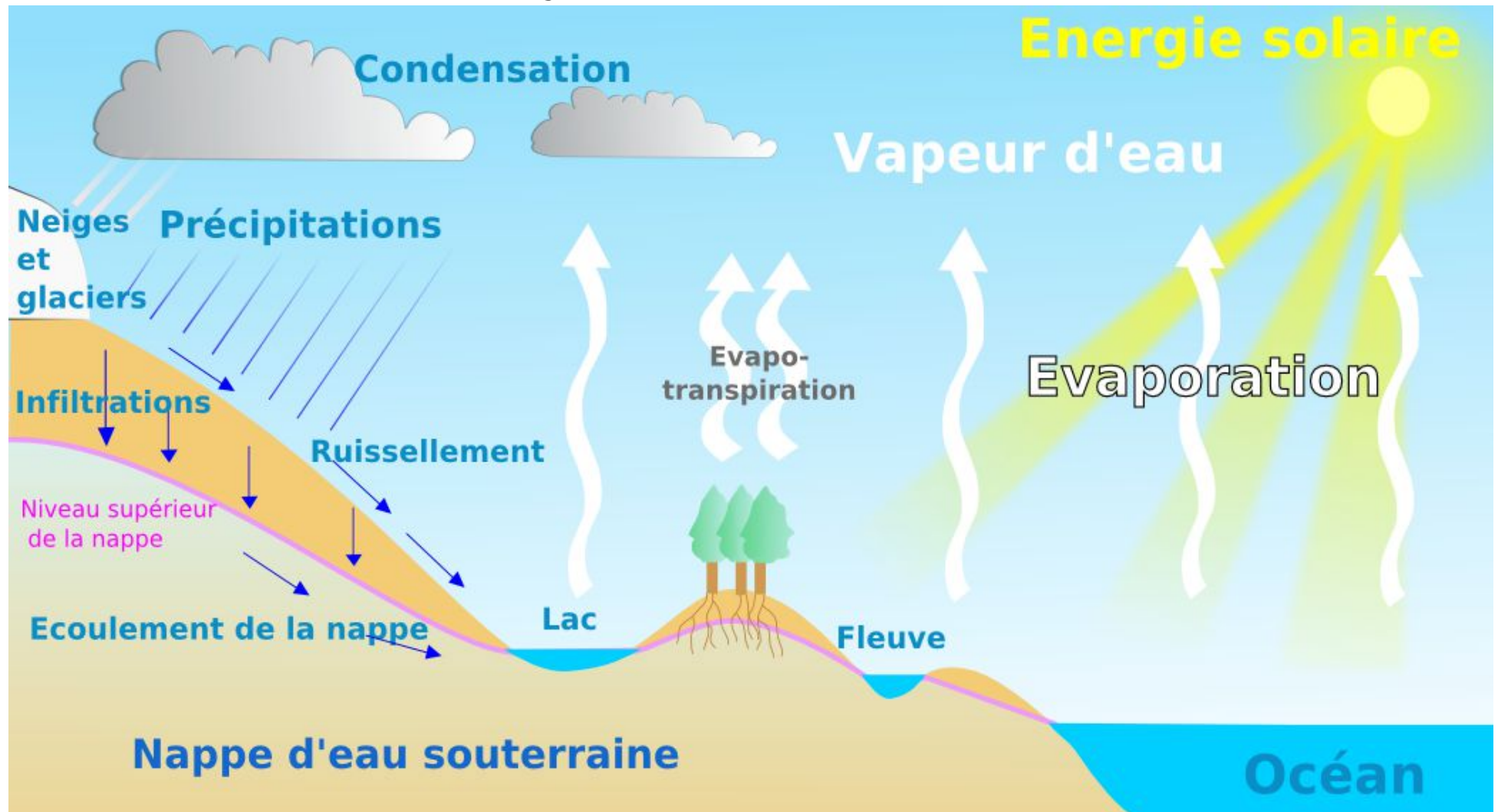
Principe simple :

- évaporation océanique
- entraînée par le vent
- vers le continent où a lieu les précipitations qui
  - s'infiltrent vers les nappes phréatiques
  - ou ruissellent vers la rivière
- jusqu'à l'océan = fermeture du cycle

## A. Le grand cycle de l'eau

### Principe simple :

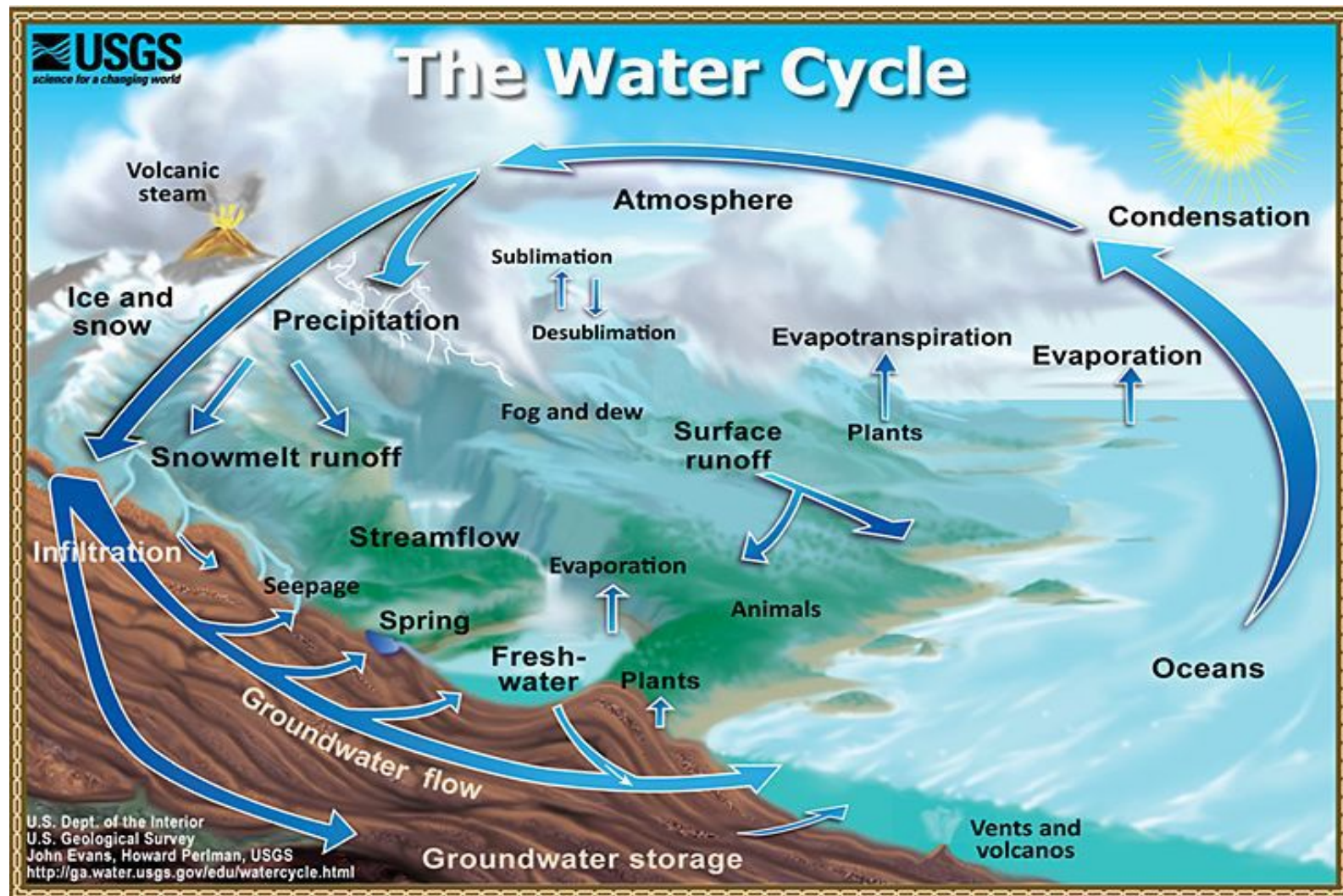
- **évaporation** océanique entraînée par le vent → continent où a lieu les **précipitations** qui **s'infiltrent** vers les **nappes phréatiques** ou **ruissellent** vers la rivière jusqu'à l'**océan**



## A. Le grand cycle de l'eau

### Principe simple :

- évaporation océanique entraînée par le vent → continent où a lieu les précipitations qui s'infiltrent vers les nappes phréatiques ou ruissellent vers la rivière jusqu'à l'océan



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## A. Le grand cycle de l'eau

Principe simple :

- évaporation océanique entraînée par le vent → continent où a lieu les précipitations qui s'infiltrent vers les nappes phréatiques ou ruissellent vers la rivière jusqu'à l'océan

Cycle simplifié en compartiments avec variation de

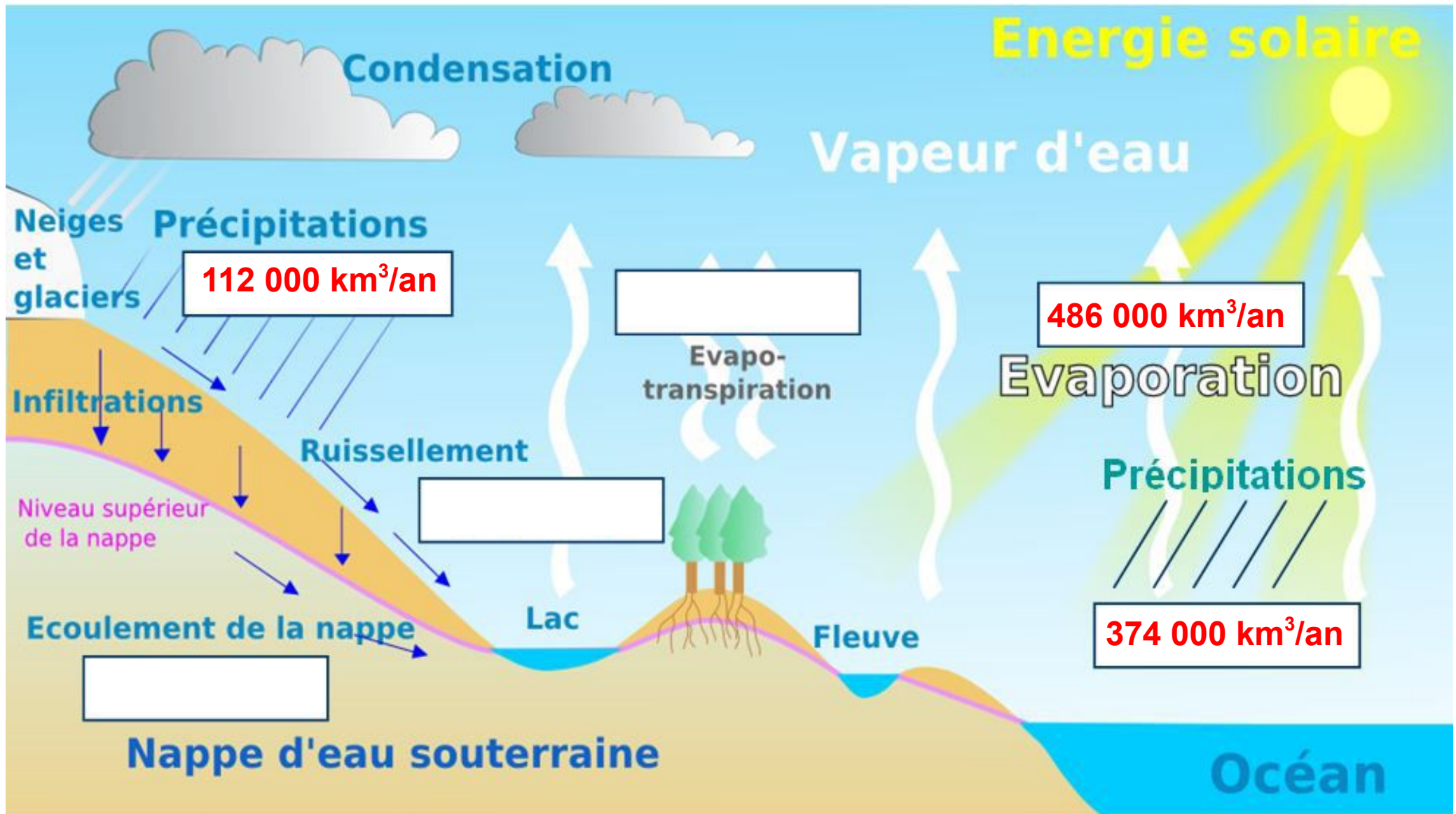
- composition

Vol d'évaporation = 486 000 km<sup>3</sup>/an (85% sur océan, 15% sur continent)

Vol de précipitation = 374 000 km<sup>3</sup>/an sur océan (77%) + 112 000 km<sup>3</sup>/an sur continent (23%)



# Cycle simplifié en compartiments avec variation de composition



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## A. Le grand cycle de l'eau

### Principe simple :

- **évaporation** océanique entraînée par le vent → continent où a lieu les précipitations qui **s'infiltrent** vers les **nappes phréatiques** ou **ruissellent** vers la rivière jusqu'à l'océan

### Cycle simplifié en compartiments avec variation de

#### - composition

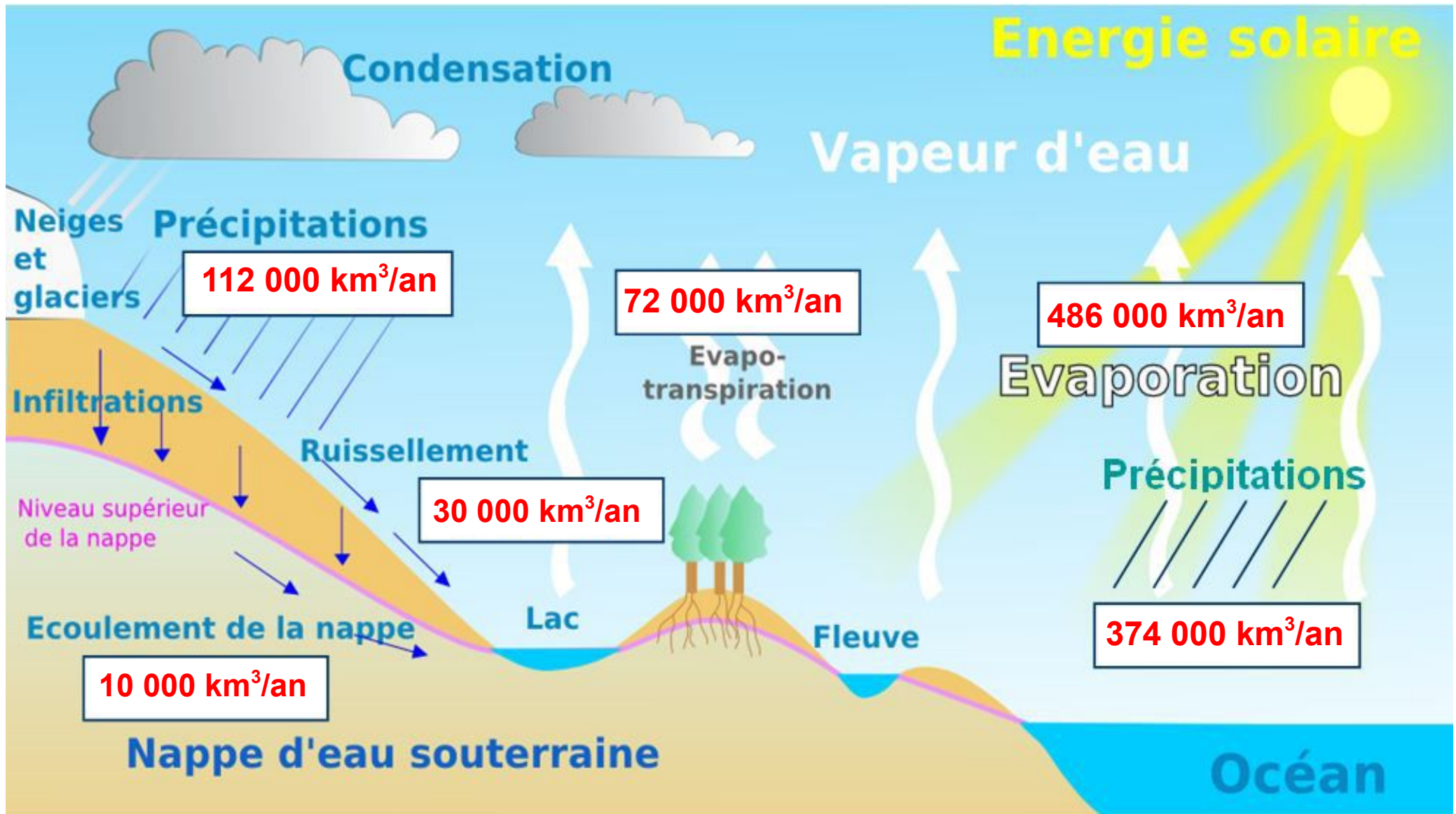
Vol d'évaporation = **486 000 km<sup>3</sup>/an** (85% sur océan, 15% sur continent)

Vol de précipitation = **374 000 km<sup>3</sup>/an** sur océan (77%) + **112 000 km<sup>3</sup>/an** sur continent (23%)

**Excédent d'évaporation sur océan = 8% = Excédent de précipitation sur continent = 40 000 km<sup>3</sup>/an** (volume global échangé)

**Mais décalage / 112 000 km<sup>3</sup>/an**

# Cycle simplifié en compartiments avec variation de composition



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## A. Le grand cycle de l'eau

### Principe simple :

- **évaporation** océanique entraînée par le vent → continent où a lieu les précipitations qui **s'infiltrent** vers les **nappes phréatiques** ou **ruissellent** vers la rivière jusqu'à l'océan

### Cycle simplifié en compartiments avec variation de

#### - composition

Vol d'évaporation = **486 000 km<sup>3</sup>/an** (85% sur océan, 15% sur continent)

Vol de précipitation = **374 000 km<sup>3</sup>/an** sur océan (77%) + **112 000 km<sup>3</sup>/an** sur continent (23%)

Excédent d'évaporation sur océan = **8%** = Excédent de précipitation sur continent = **40 000 km<sup>3</sup>/an** (volume global échangé)

Mais décalage / **112 000 km<sup>3</sup>/an**

#### - vitesse de renouvellement

## Cycle simplifié en compartiments avec variation de - vitesse de renouvellement

### Temps de résidence de l'eau par compartiments

Milieux	Volumes (km <sup>3</sup> )	%	Temps de résidence
Océans	1 335 000 000	<b>96,8501</b>	2500-3000 ans
Neige et glace (Antarctique, Groenland et montagnes)	28 000 000	<b>2,0313</b>	de 1600 à 9700 ans
Eaux souterraines à moins de 500 m de prof	7 500 000	<b>0,5441</b>	1400 ans
Eaux souterraines à plus de 500 m de prof	7 500 000	<b>0,5441</b>	
Eaux de tous les lacs d'eau douce	176 000	<b>0,0128</b>	17 à 30 ans
Eaux présentes dans les sols	122 000	<b>0,0089</b>	1 an
Eaux des mers intérieures	105 000	<b>0,0076</b>	
Eaux présente à tout instant dans l'atmosphère	12 700	<b>0,0009</b>	9,6 jours
Eaux présentes à tout instant dans tous les cours d'eau	1 700	<b>0,0001</b>	16 jours
Eau des cellules vivantes	1 100	<b>0,0001</b>	Quelques heures
<b>TOTAL</b>	<b>1 378 418 500</b>		

# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## B. Amplification du cycle de l'eau par le recyclage continental

Réfléchir au bouclage du cycle = **72 000 km<sup>3</sup>**

Malin Falkemark (1995)

- green water : « *the rainwater that infiltrates into the root zone and is used for biomass production* »

- blue water : « *the water that either runs off from the soil surface or percolates beyond the root zone to form groundwater* »

**72 000 km<sup>3</sup>** => multiples cycles évaporation-précipitation  
constituant l'**eau verte**

Origine de la pluie

- **soit** océanique

- **soit de l'eau verte** = eau recyclée, évaporée, reprécipitée

=> différence

- entre la **côte** (pluie d'origine océanique fonction du vent)

- et l'**intérieur** (eau verte)

# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## B. Amplification du cycle de l'eau par le recyclage continental

### Origine de la pluie

- soit océanique
- soit de l'eau verte = eau recyclée, évaporée, re-précipitée

### => différence

- entre la **côte** (pluie d'origine océanique fonction du vent)
- et l'**intérieur** (eau verte)

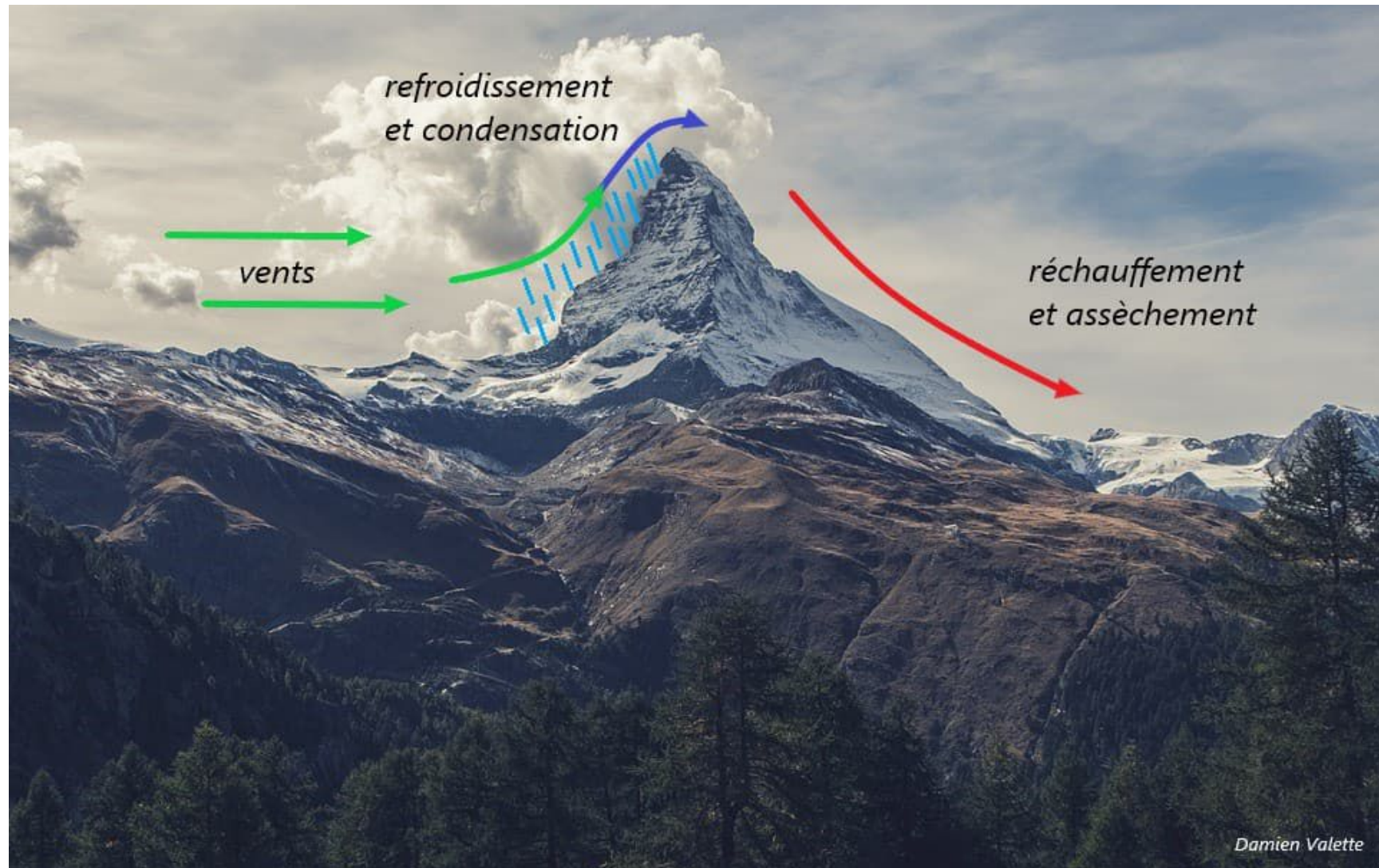
Rapport **eau verte** / **eau bleue** = **1,7** (> aux tropiques ; < en tempéré) =  
**amplification**

**Facteurs de recyclage continental :**

## Facteurs de recyclage continental :

**a. relief** : vapeur d'eau élevée en altitude => refroidissement => ↓  
capacité hygrométrique => pluie par **condensation**

Himalaya : recyclage local = 80% des pluies





# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## B. Amplification du cycle de l'eau par le recyclage continental

### Origine de la pluie

- soit océanique
- soit de l'eau verte = eau recyclée, évaporée, re-précipitée

### => différence

- entre la **côte** (pluie d'origine océanique fonction du vent)
- et l'**intérieur** (eau verte)

Rapport **eau verte** / **eau bleue** = 1,7 (> aux tropiques ; < en tempéré) = **amplification**

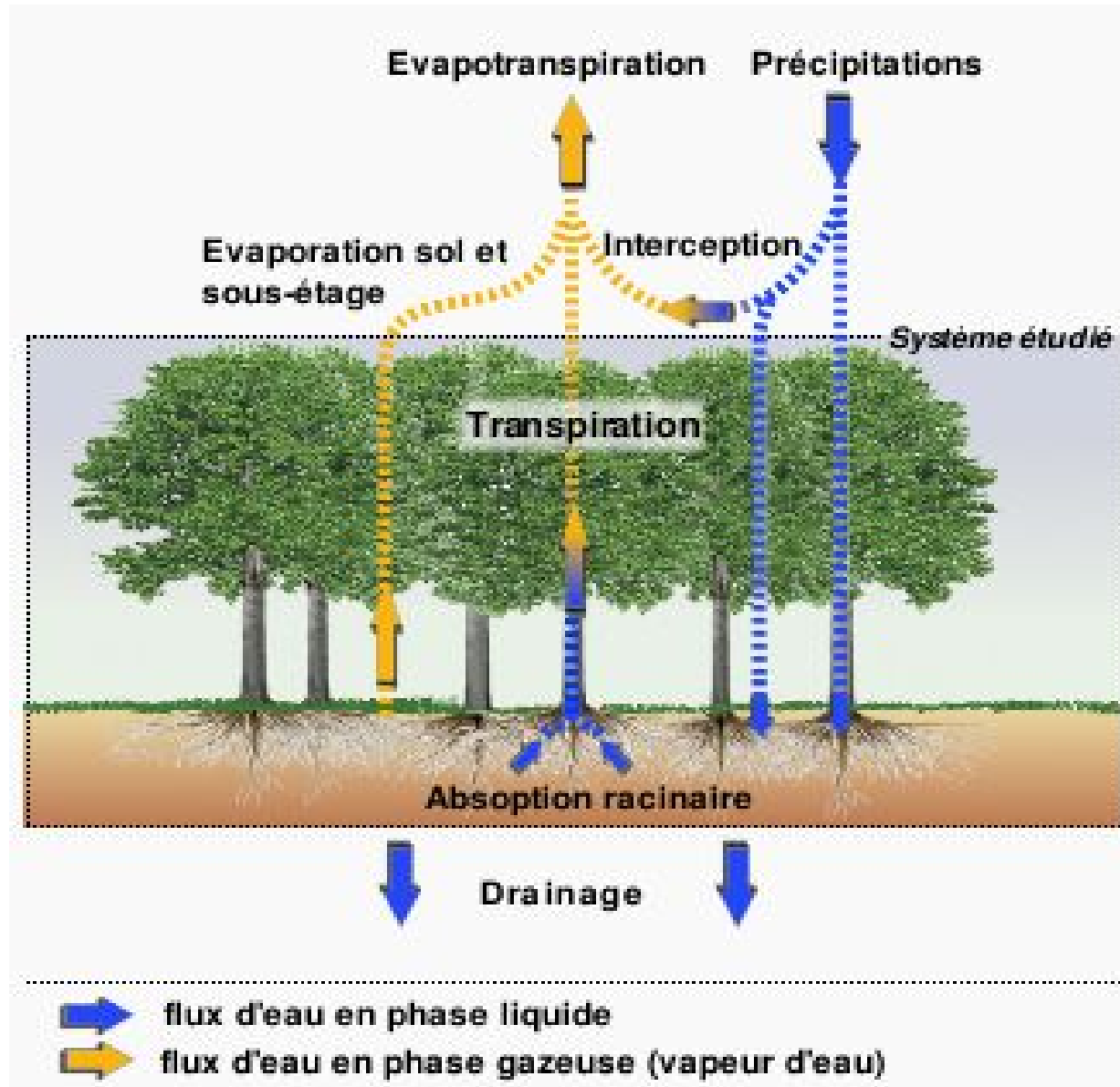
### Facteurs de recyclage continental :

a. relief : vapeur d'eau élevée en altitude => refroidissement => ↓  
capacité hygrométrique => pluie par **condensation**

Himalaya : recyclage local = 80% des pluies

b. végétation (forêt surtout) : recyclage par **évaporation élevée** (eau + vie des plantes)

**b. végétation (forêt surtout) : recyclage par évaporation élevée** (eau + vie des plantes)  
jusqu'à 32% (Amazonie, Congo)



# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## C. Complémentarité et rôle des 2 types d'eau

**Eau bleue appelée « eau utile » par les gestionnaires**

**Mais eau verte loin d'être inutile**

### a. rôles multiples de l'eau bleue

- **socio-éco** : accompagne le développement d'infrastructures (barrage, centrale hydro-électrique, réseau d'adduction, station de traitement ...)

- **environnement** : épuration de l'eau (rôle écosystémique) notamment dans les **zones humides** (deltas, zones côtières)

Alimentation en eau, alluvions, nutriments indispensable à la chaîne trophique

Revers = transport de polluants et de nutriments en excès => **anoxie** ou **eutrophe** des **écosystèmes**

# I. Du cycle de l'eau aux cycles de l'eau : question d'échelle

## C. Complémentarité et rôle des 2 types d'eau

**Eau bleue appelée « eau utile » par les gestionnaires**

**Mais eau verte loin d'être inutile**

### a. rôles multiples de l'eau bleue

- **socio-éco** : accompagne le développement d'infrastructures

- **environnement** : épuration de l'eau (rôle écosystémique)

**Alimentation eau, alluvions, nutriments indispensable à chaîne trophique**

**Revers = transport de polluants et de nutriments en excès => anoxie ou eutrophe des écosystèmes**

### b. rôles multiples de l'eau verte

- **socio-éco** (agriculture, forêt) dans la **sécurité alimentaire**, la **santé des sols**

- **environnement** : **biodiversité** (système sol-plante) =>

↑ **résistance en saison sèche**

**puits de carbone continental (25% émissions de GES anthropique absorbé)**

## II. Répartition inégale de l'eau à la surface du globe

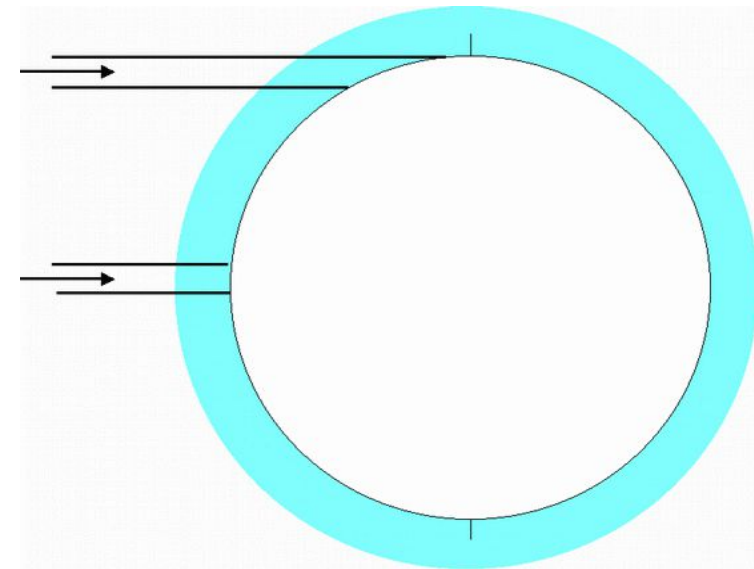
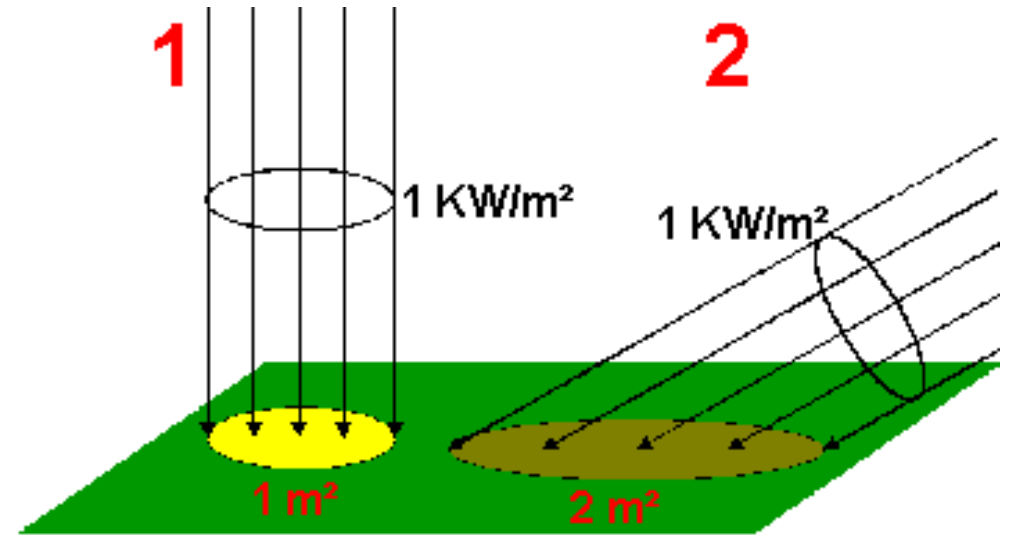
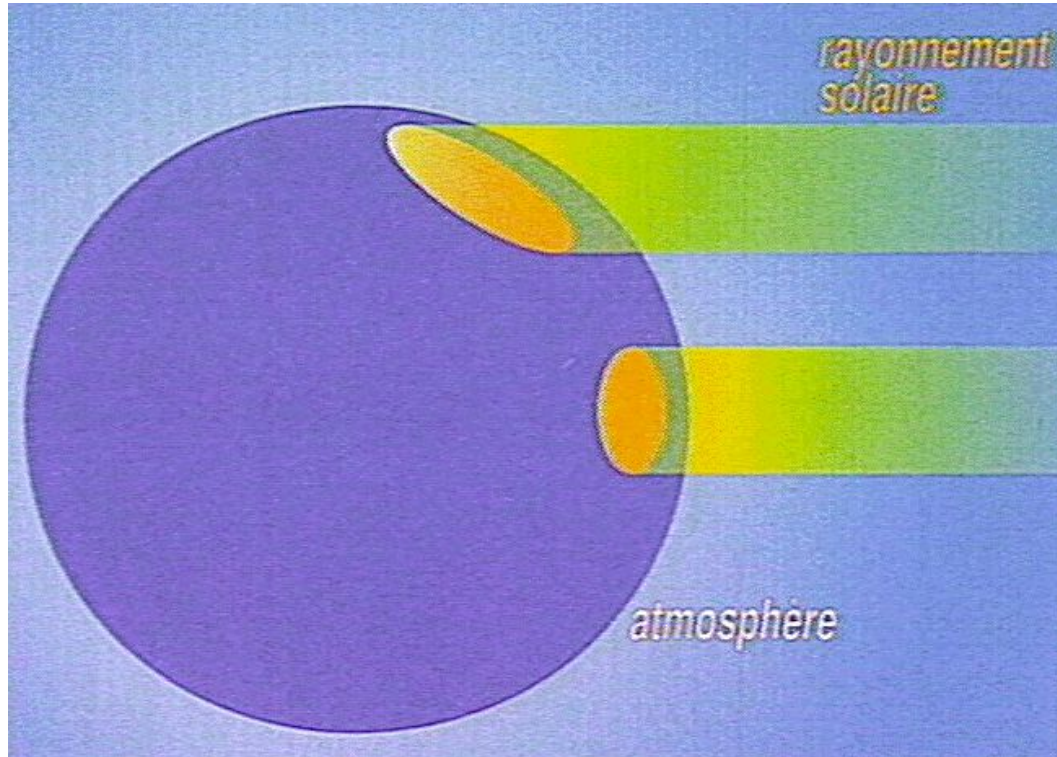
### A. Les précipitations à l'origine de l'eau bleue

Réalité du cycle + complexe que son principe (compartiments ; vitesses de circu)

Rythme annuel explique la principale variation des quantités (surface et souterraines) = eau dispo pour les usages sur 1 an = eau bleue (40 000 km<sup>3</sup>/an)

Lien eau-pluie => hétérogénéité spatiale fonction de circulation atmos => organisation générale des précipitations **latitudinale** :

Quantité de chaleur à la surface = **constante** :  $2 \text{ cal/cm}^2/\text{mn}$   
donc **différences de température** = variation d'**intensité du rayonnement solaire** (oblique + trajet dans l'atmosphère)



Quantité de chaleur à la surface = **constante** :  $2 \text{ cal/cm}^2/\text{mn}$   
donc **différences de température** = variation d'**intensité du rayonnement solaire** (oblique + trajet dans l'atmosphère)  
=> bilan radiatif contrasté => orga des climats en **latitudes**

### Bilan radiatif annuel ( $\text{W/m}^2$ )

Positif aux tropiques

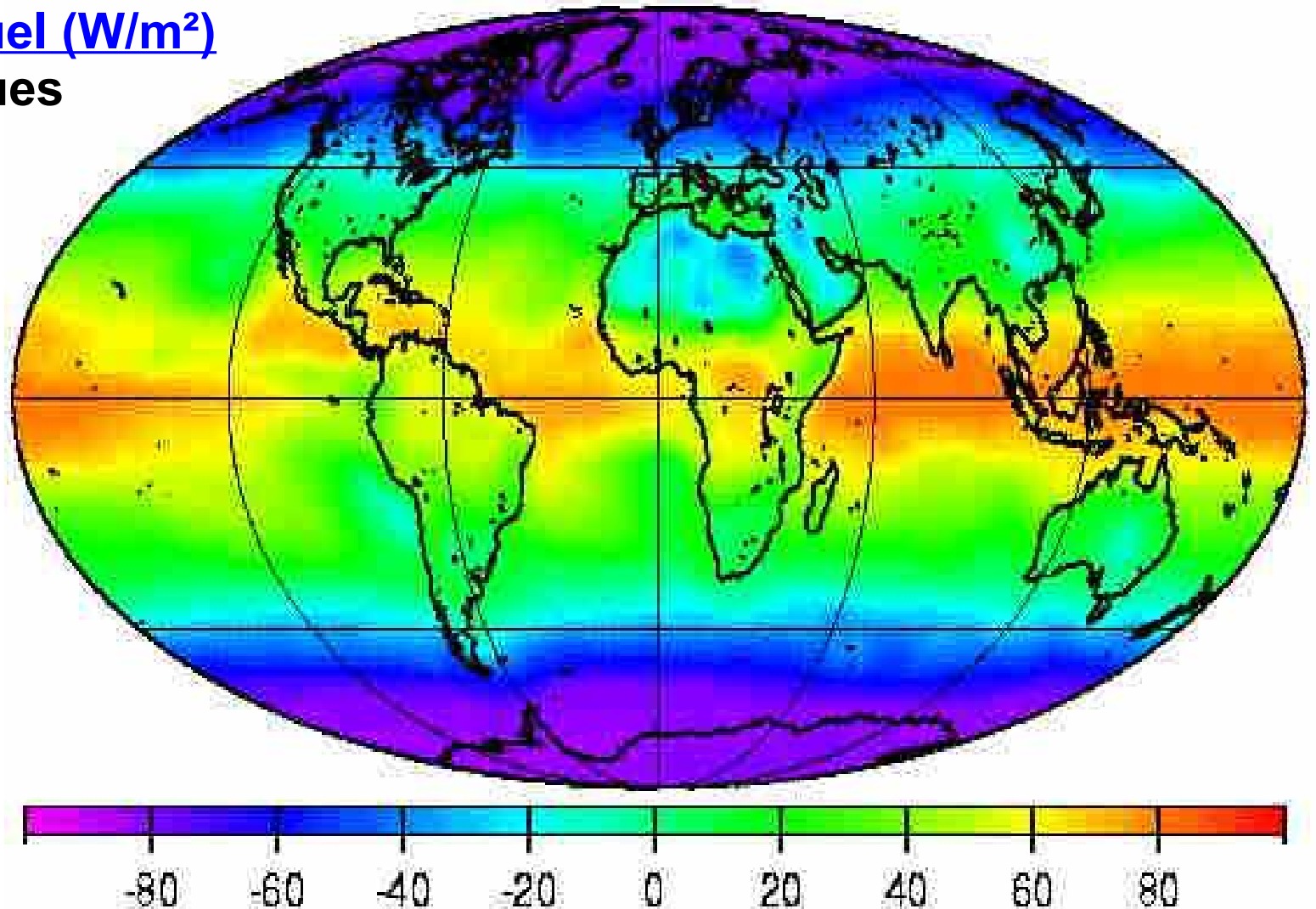
Négatif aux pôles

3 zones :

Froide

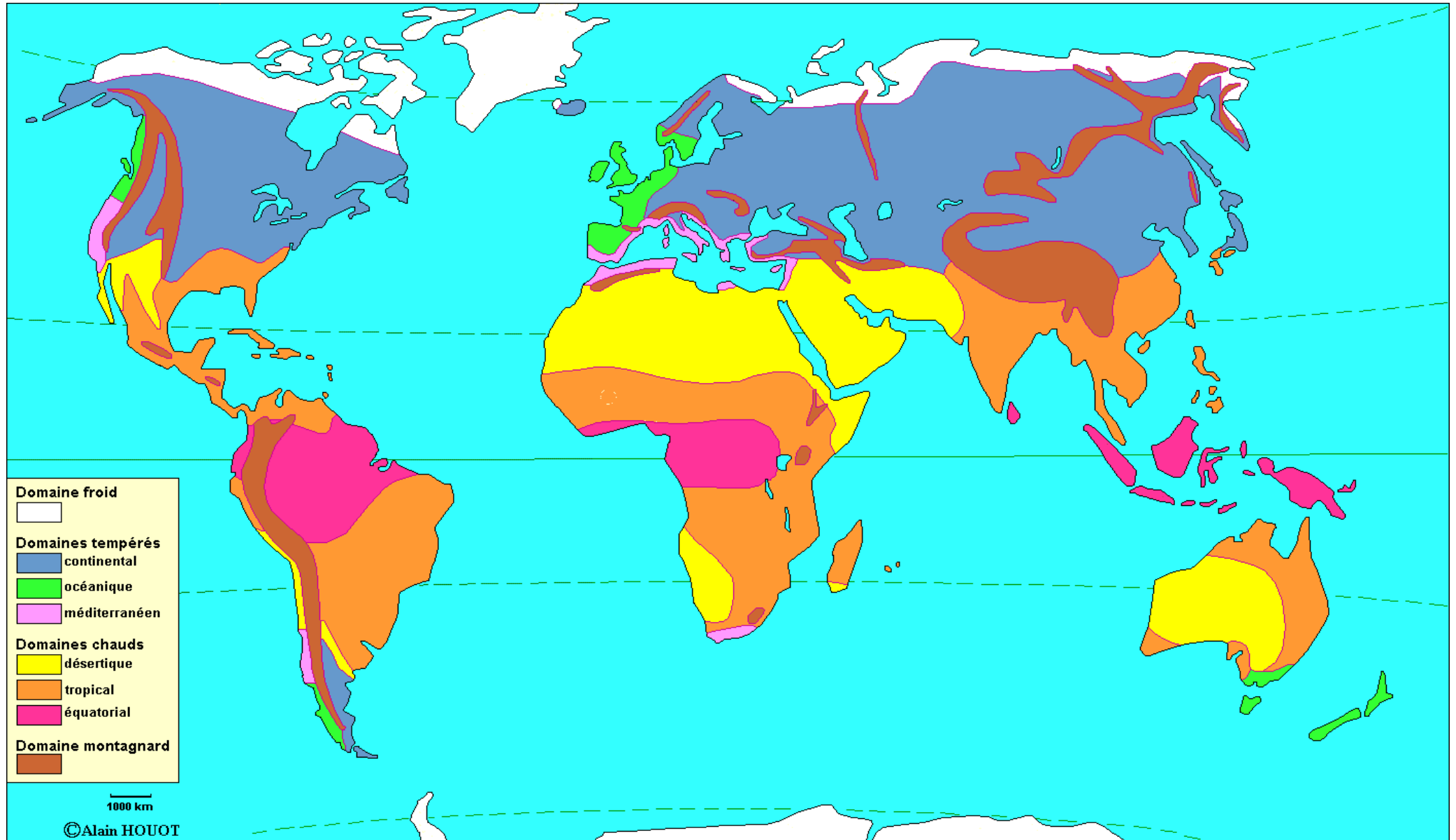
Tempérée

Chaude



Bilan radiatif contrasté => orga des climats en latitudes

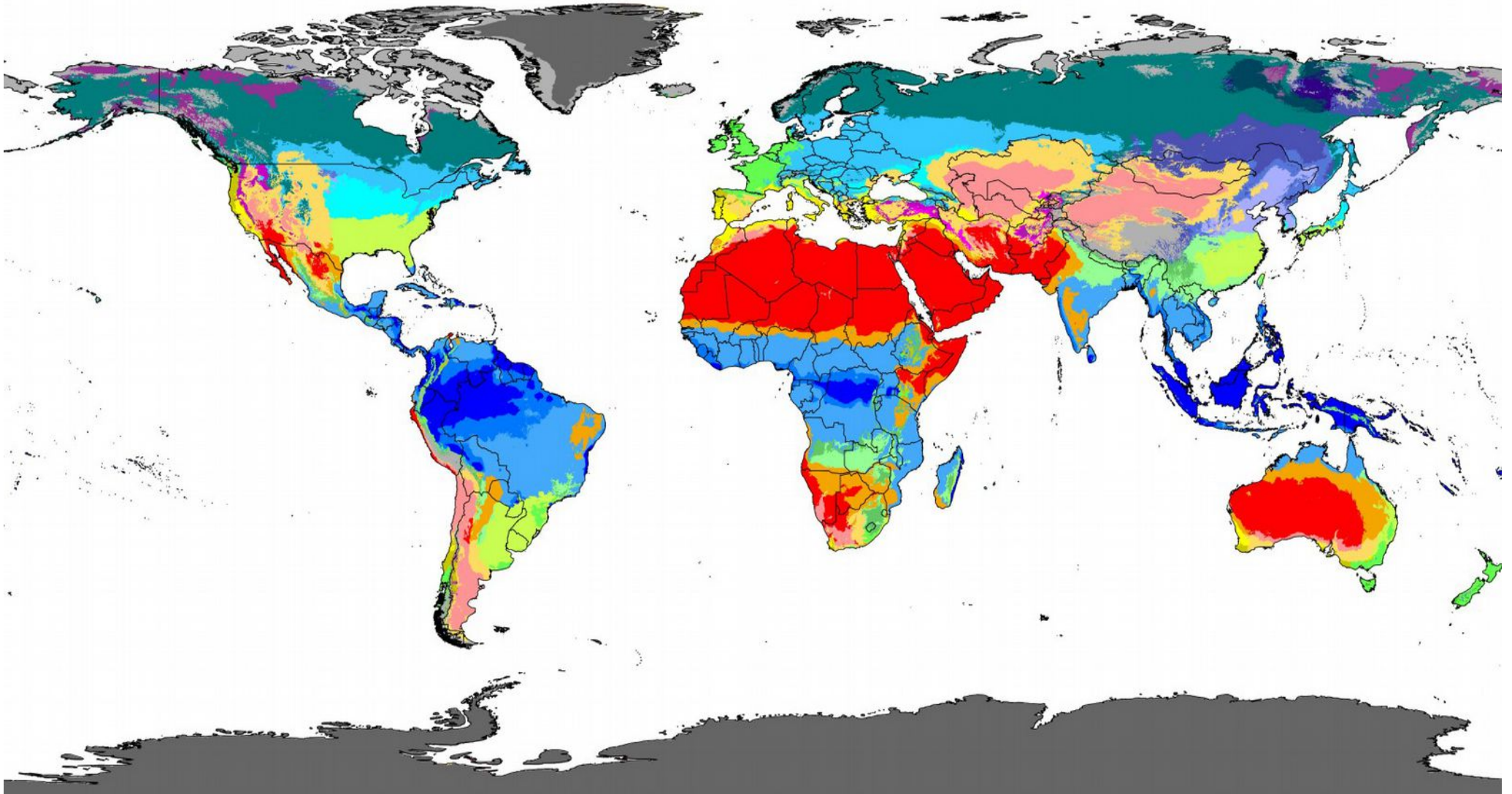
## Classification des grands climats de la Terre





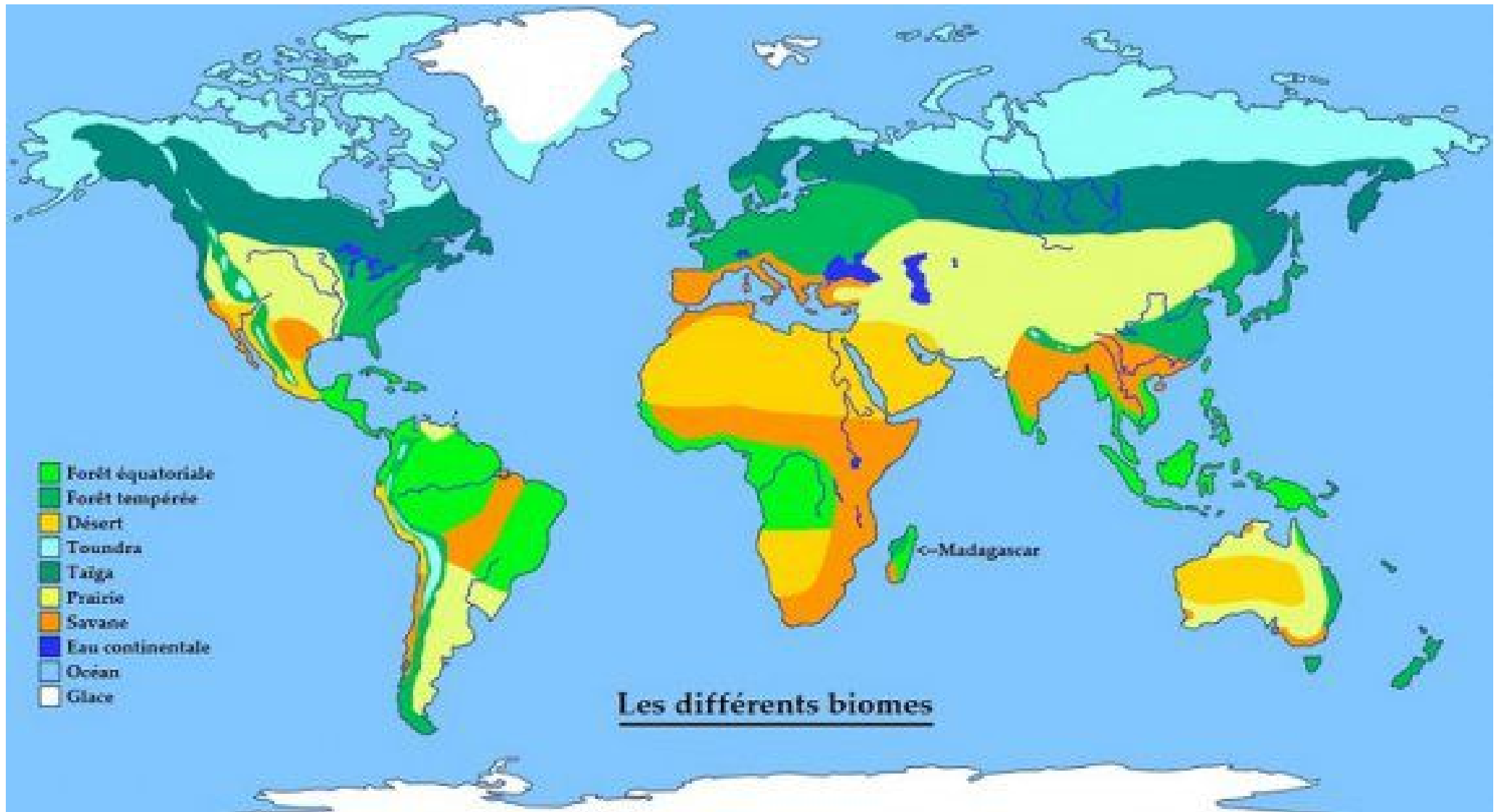
Bilan radiatif contrasté => orga des climats en latitudes

Classification des climats de Köppen-Geiger



Bilan radiatif contrasté => orga des climats en latitudes

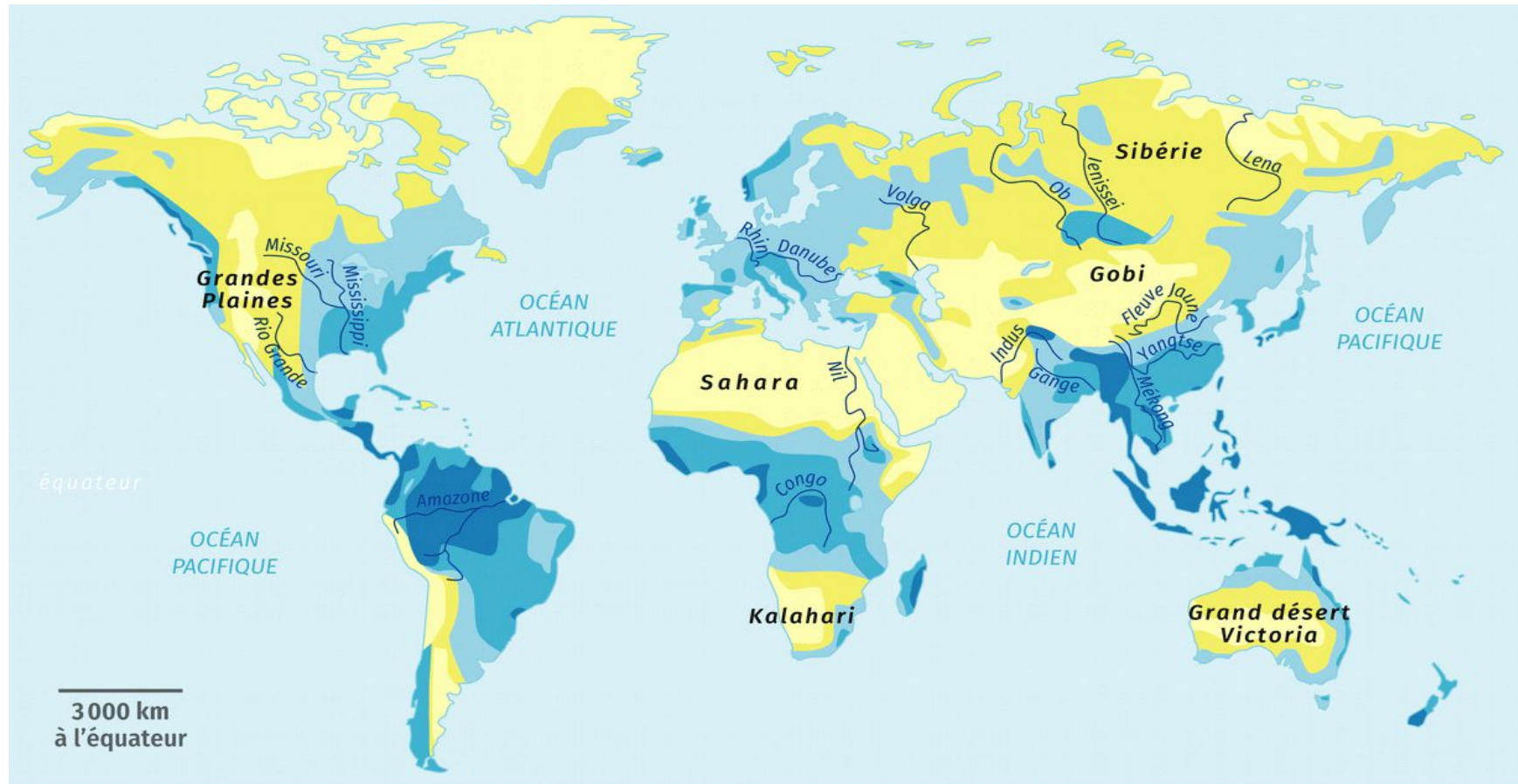
L'association climat-végétation :  
Les grands biomes de la Terre



## Lien eau-pluie => organisation des précipitations latitudinale :

- équateur, subtropiques : précipitations fortes et évaporation forte
- tropiques sec
- tempéré : précipitations et évaporation - intense (saisons thermiques)
- hautes latitudes : air sec => peu de précipitation

## Organisation latitudinale mais elle est modifiée



## II. Répartition inégale de l'eau à la surface du globe

### A. Les précipitations à l'origine de l'eau bleue

**Lien eau-pluie => hétérogénéité spatiale fonction de circulation atmos => organisation générale des précipitations **latitudinale** :**

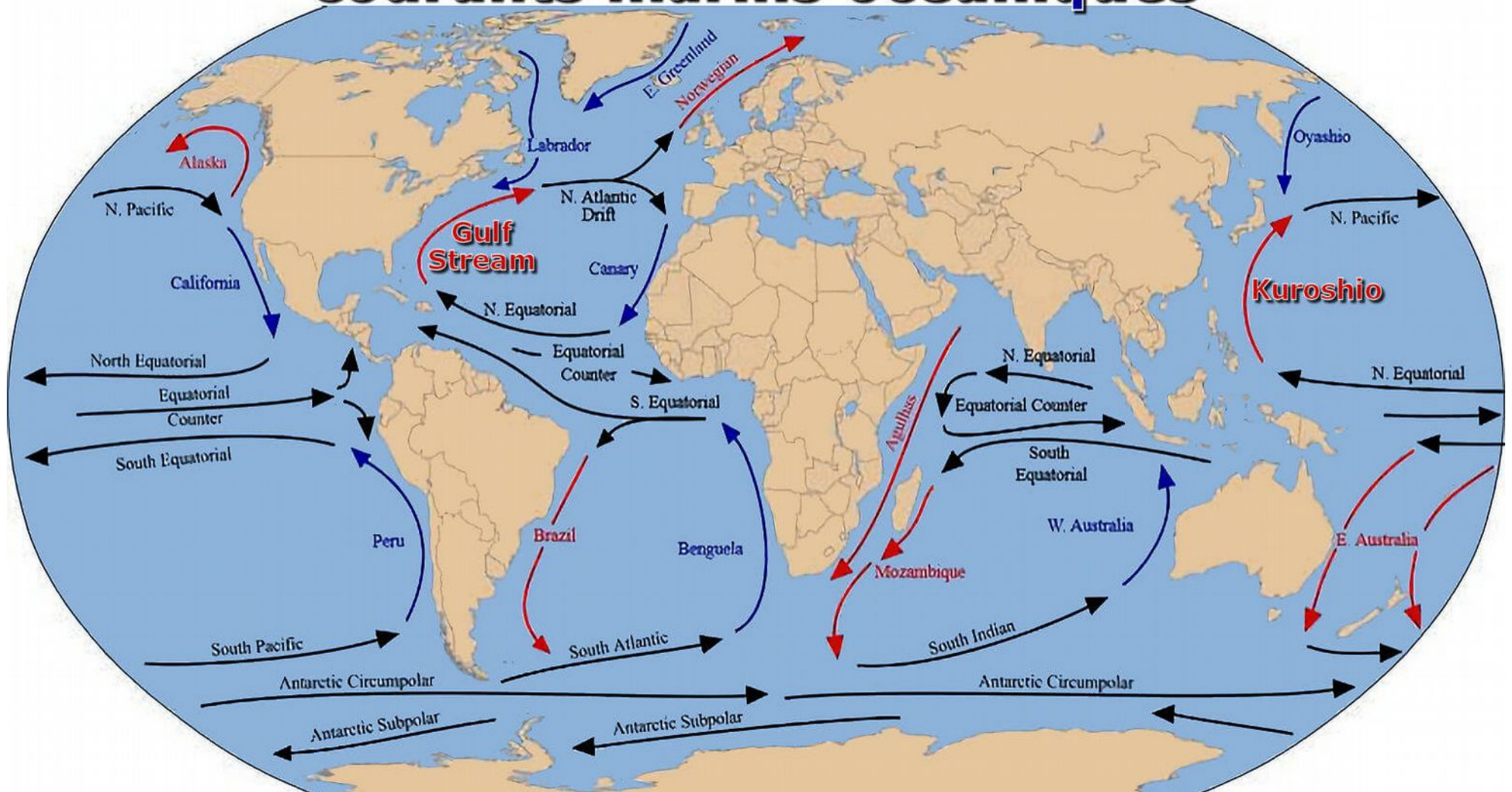
- équateur, subtropiques : précipitations fortes et évaporation forte
- tropiques sec
- tempéré : précipitations et évaporation - intense (saisons thermiques)
- hautes latitudes : air sec => peu de précipitation

**Organisation latitudinale** mais elle est **modifiée** par

- courants marins
- 
-

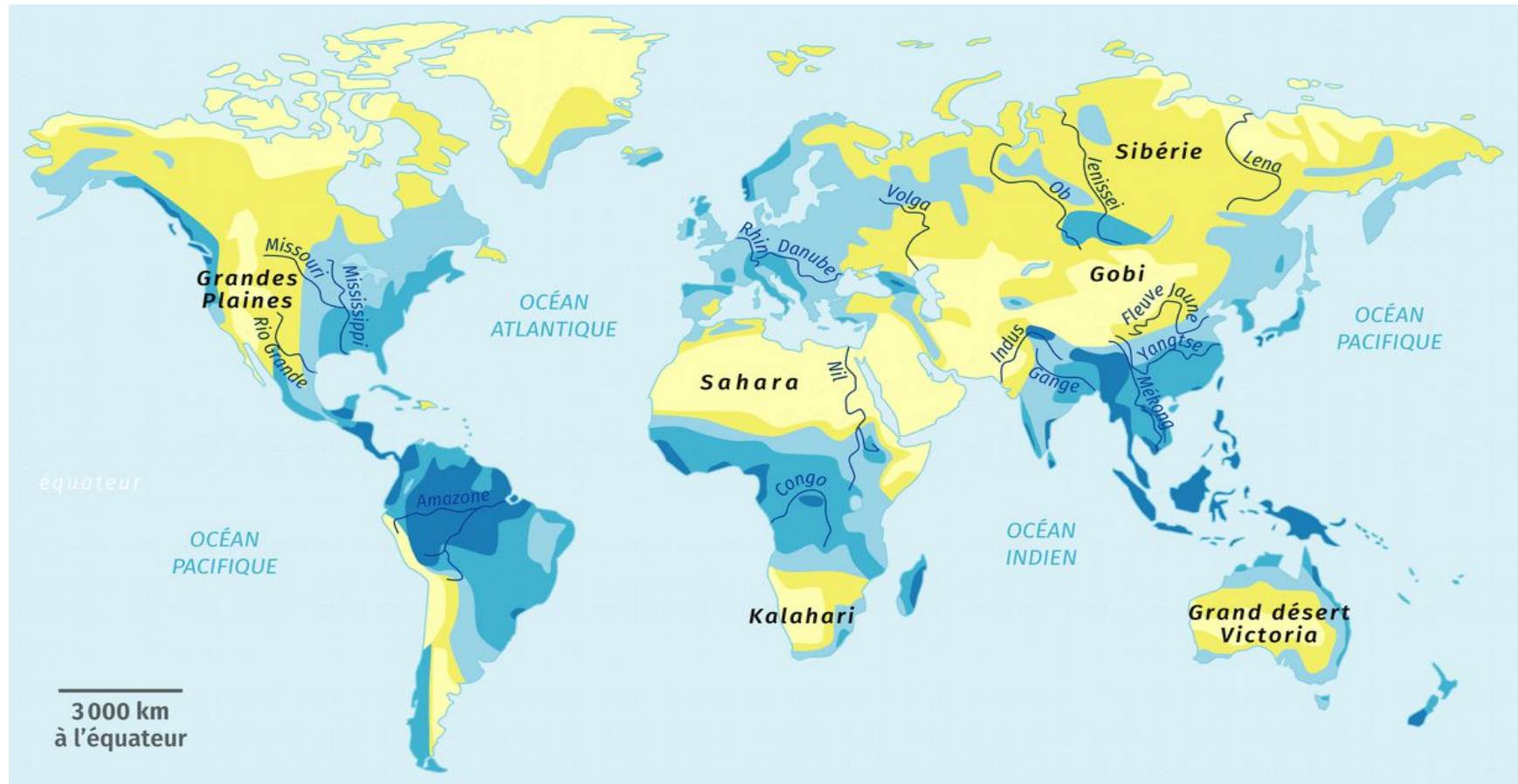
Organisation **latitudinale** mais elle est **modifiée** par  
- courants marins

## courants marins océaniques



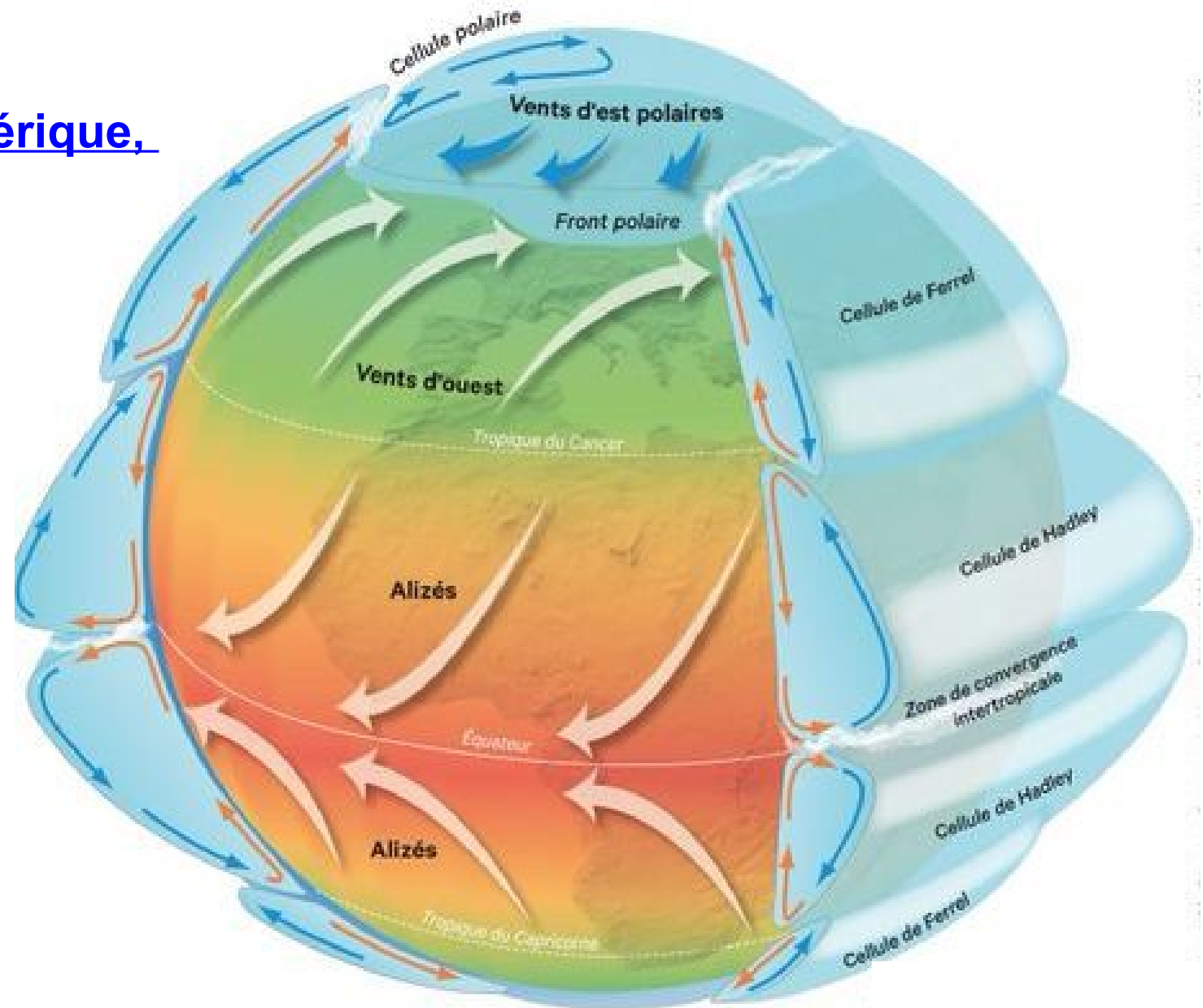
# Organisation latitudinale mais elle est modifiée par

- courants marins



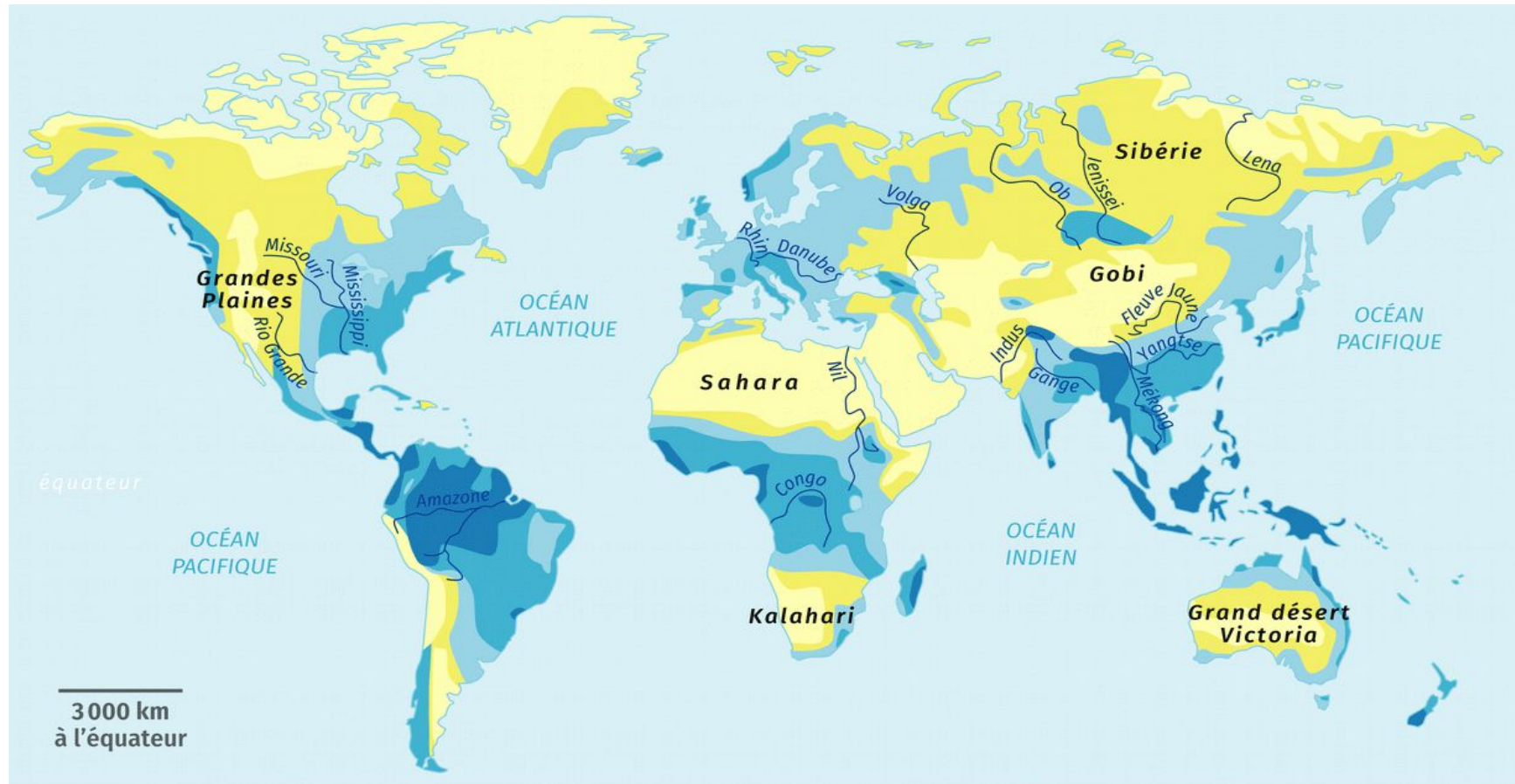
**Organisation latitudinale** mais elle est **modifiée** par  
- **direction des vents** (Est-Ouest sous les tropiques ; Ouest-Est en tempéré)

Circulation atmosphérique,  
vents et cellules



# Organisation **latitudinale** mais elle est **modifiée** par

- courants marins
- direction des vents (Est-Ouest sous les tropiques ; Ouest-Est en tempéré)



Précipitations moyennes annuelles (en mm)





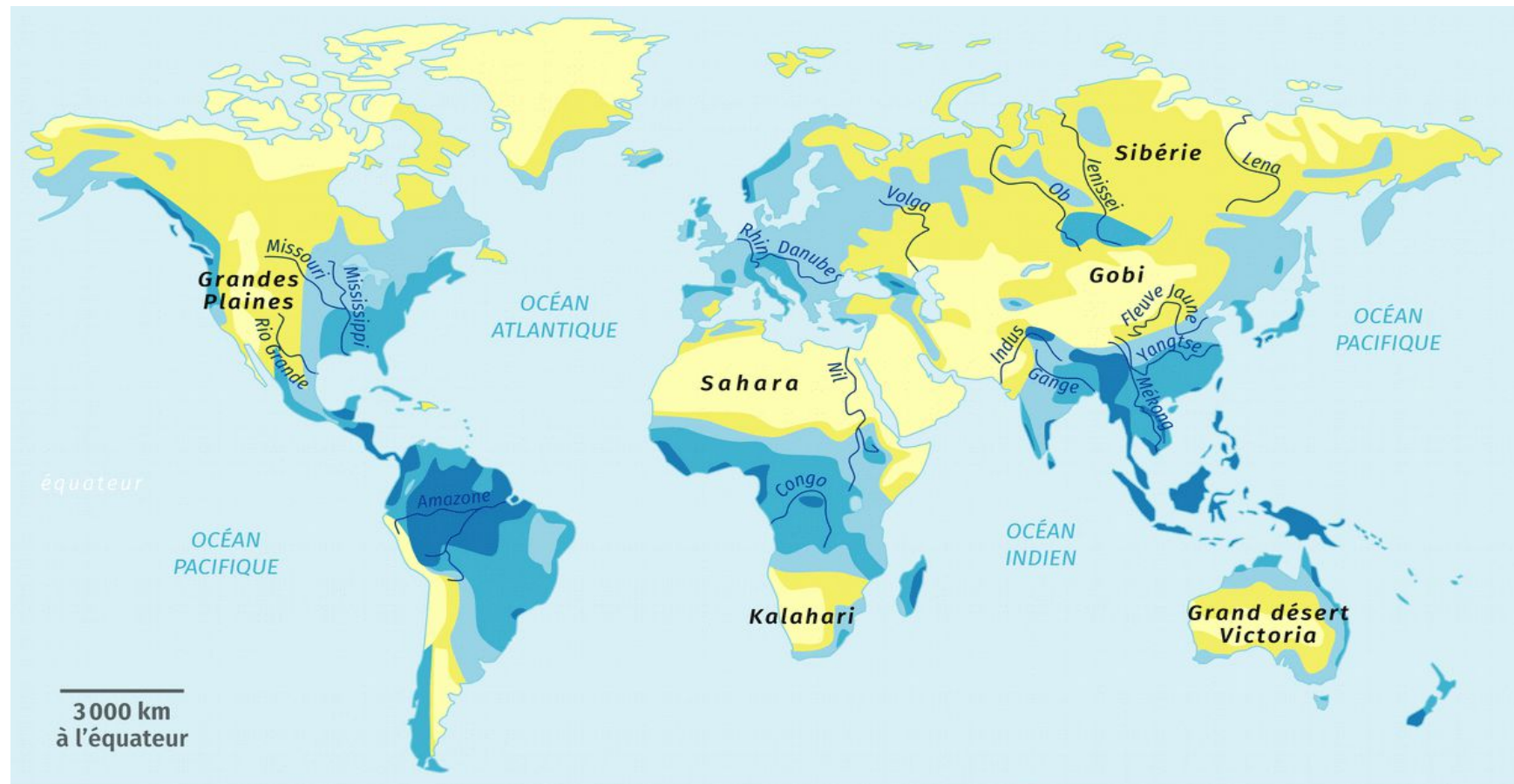
# Organisation latitudinale mais elle est modifiée par

- reliefs (montagnes)



# Organisation latitudinale mais elle est modifiée par

- courants marins
- direction des vents (Est-Ouest sous les tropiques ; Ouest-Est en tempéré)
- reliefs (montagnes)



Précipitations moyennes annuelles (en mm)



## II. Répartition inégale de l'eau à la surface du globe

### B. Du global au local

Compartiments intermédiaires entre pluies et rivière ou nappe phréatique

a. stockage : neige, glace, sol

b. obstacle => infiltration ou ruissellement : haie, chemin, végétation

c. retour de l'eau par ré-évaporation ou évapotranspiration : plante, sol

### 4 processus de production

d'eau bleue (surface ou souterraine : a + b)

et d'eau verte (c)

qui se complètent et se succèdent dans tous les lieux du paysage :

- stockage
- infiltration
- ruissellement
- évaporation

## II. Répartition inégale de l'eau à la surface du globe

### B. Du global au local

Compartiments intermédiaires entre pluies et rivière ou nappe phréatique

- a. stockage
- b. obstacle => infiltration ou ruissellement
- c. retour de l'eau par ré-évaporation ou évapotranspiration

4 processus de production d'eau bleue et d'eau verte qui se complètent et se succèdent dans tous les lieux du paysage : stockage, infiltration, ruissellement, évaporation

**Élément de contrôle = état du sol :**

- humidité (sec, gelé)
- couverture végétale (stockage, évapotranspiration)
- granulométrie (fin, grossier)
- aspect (lisse, rugueux)