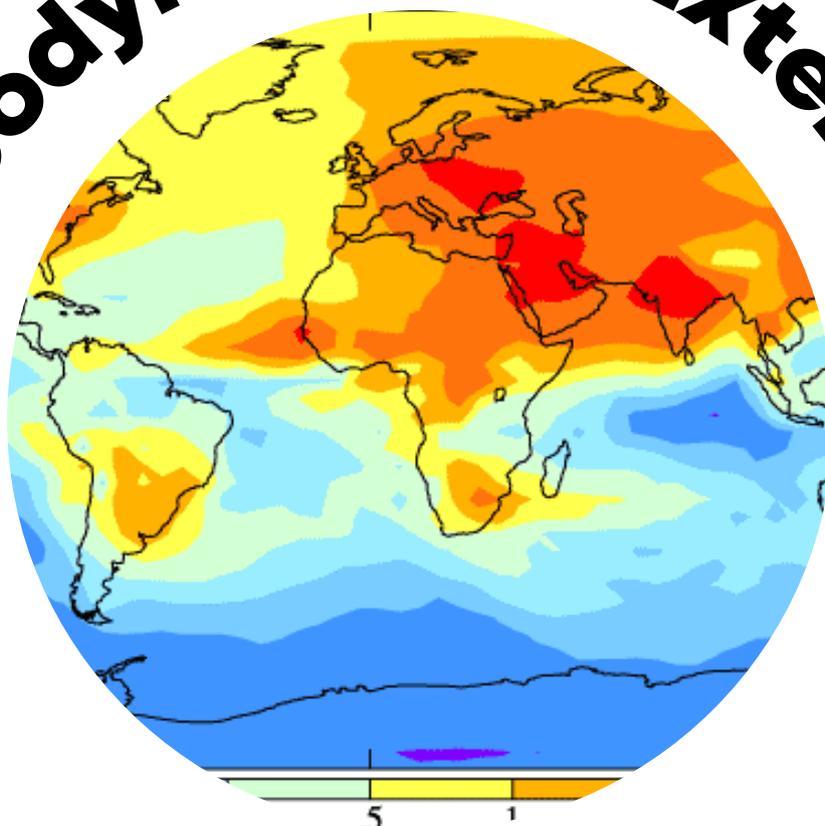


# Géodynamique Externe



SCIENCES DE LA  
VIE ET DE LA TERRE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



# GEODYNAMIQUE EXTERNE

PR. AHMED  
EL FOUGHALI

# Module géologie 2

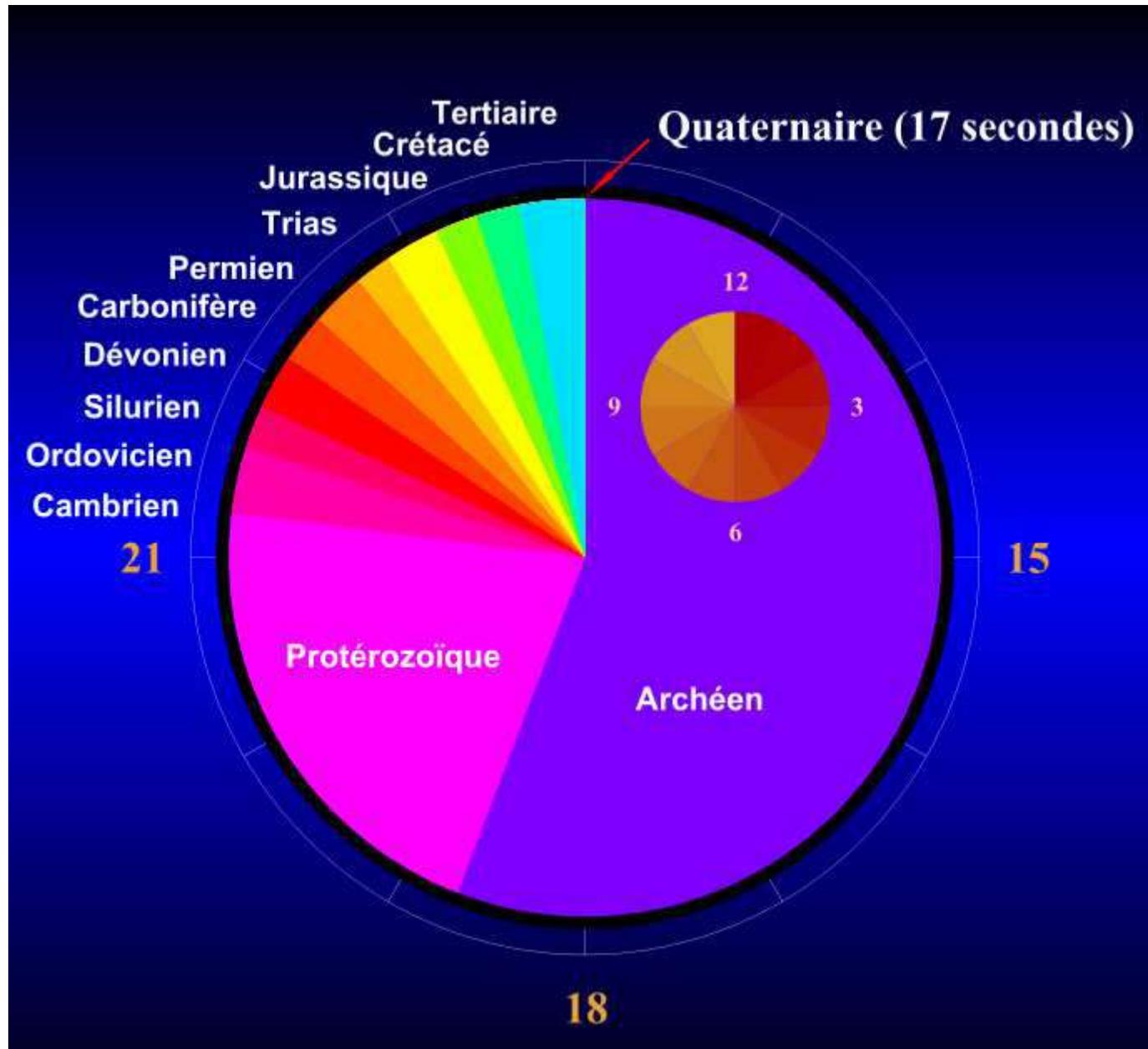


- **Cours**
  - Géodynamique externe
  - Géodynamique interne
  
- **TP**
  - Cartographie
  - pétrographie

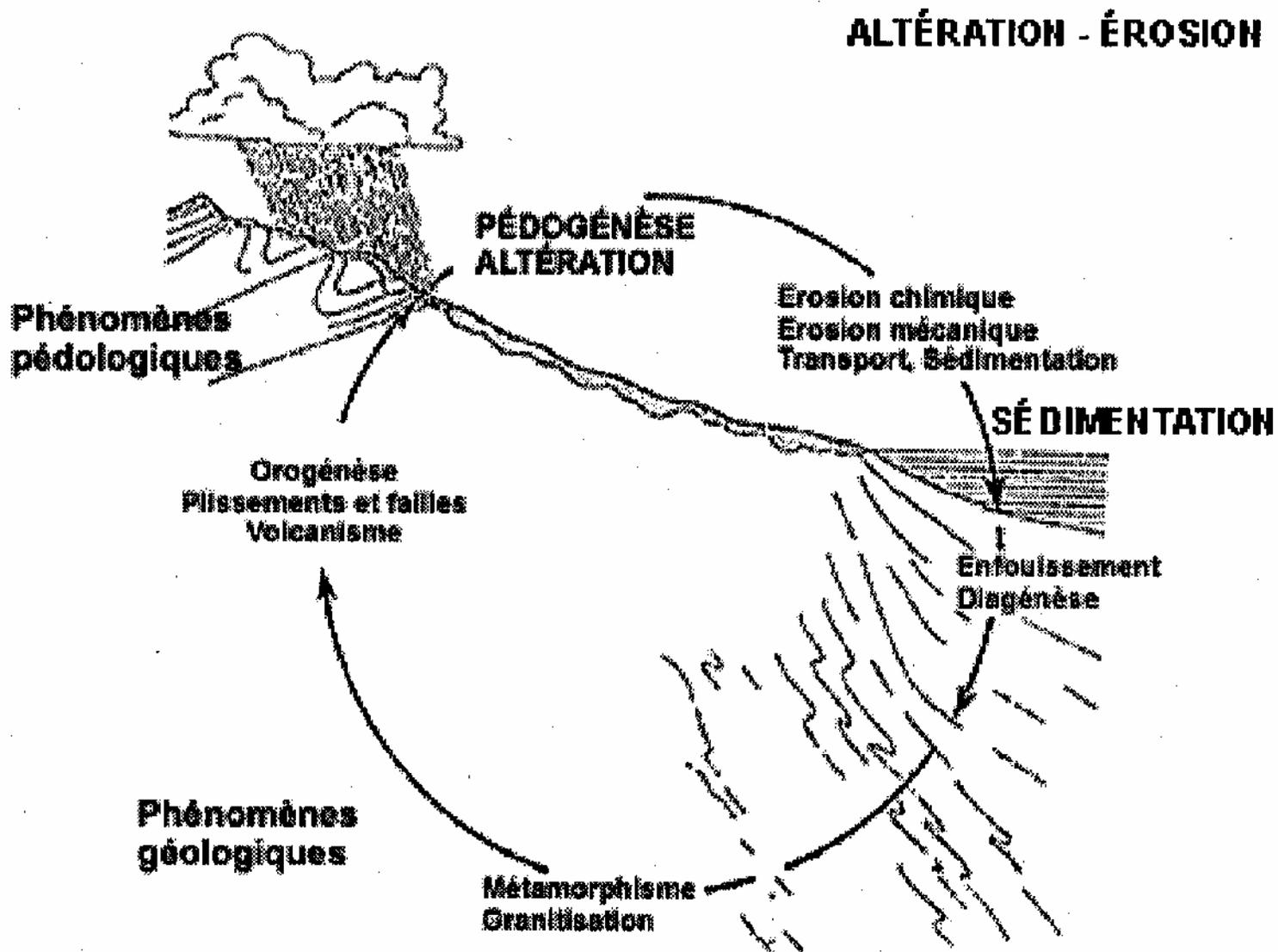
# Quelques notions



- Espace
- Temps
- Cycle géologique



# Cycle géologique



# Géodynamique externe



- Chapitre 1 : Climats et phénomènes climatiques
- Chapitre 2 : Altération
- Chapitre 3 : Erosion et transport
- Chapitre 4 : sédimentation

# Chapitre 1



## CLIMATS ET PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES



- **les climats actuels**
- **l'évolution climatique**
- **Zones climatiques**

# I- Les climats actuels



# 1- Généralités



- Le climat est défini comme étant l'ensemble des conditions atmosphériques d'une région.
- Il est déterminé à partir de données statistiques mesurées sur une période plus ou moins longue.

## Généralités



- C'est un phénomène imprévisible et capricieux.
- Le climat varie dans l'espace et dans le temps.
- La connaissance de la dynamique des climats anciens et actuels, est l'une des clés pour analyser les climats du futur.

# Généralités



- Les climats résultent de trois ensembles de facteurs :

## les facteurs cosmiques



- la source d'énergie solaire :  
variation de l'activité solaire ;

# La terre



- de la sphéricité de la Terre,
- ses mouvements ;
- de l'état de l'atmosphère
- dynamisme de l'atmosphère ;

# Facteurs géographiques

- répartition des continents
- lien entre l'atmosphère et les océans,
- les reliefs,
- la végétation,
- les volcans,
- l'activité humaine,

## 2- le Soleil



- le plus gros objet du système solaire
- Constitué essentiellement d'hydrogène 74% et d'hélium 24%
- Diamètre : 1,4millions de Km
- Masse :  $2 \times 10^{30}$  Kg (300 000 fois celle de la terre) correspond à 99,8 % de la masse du système solaire

# Énergie solaire



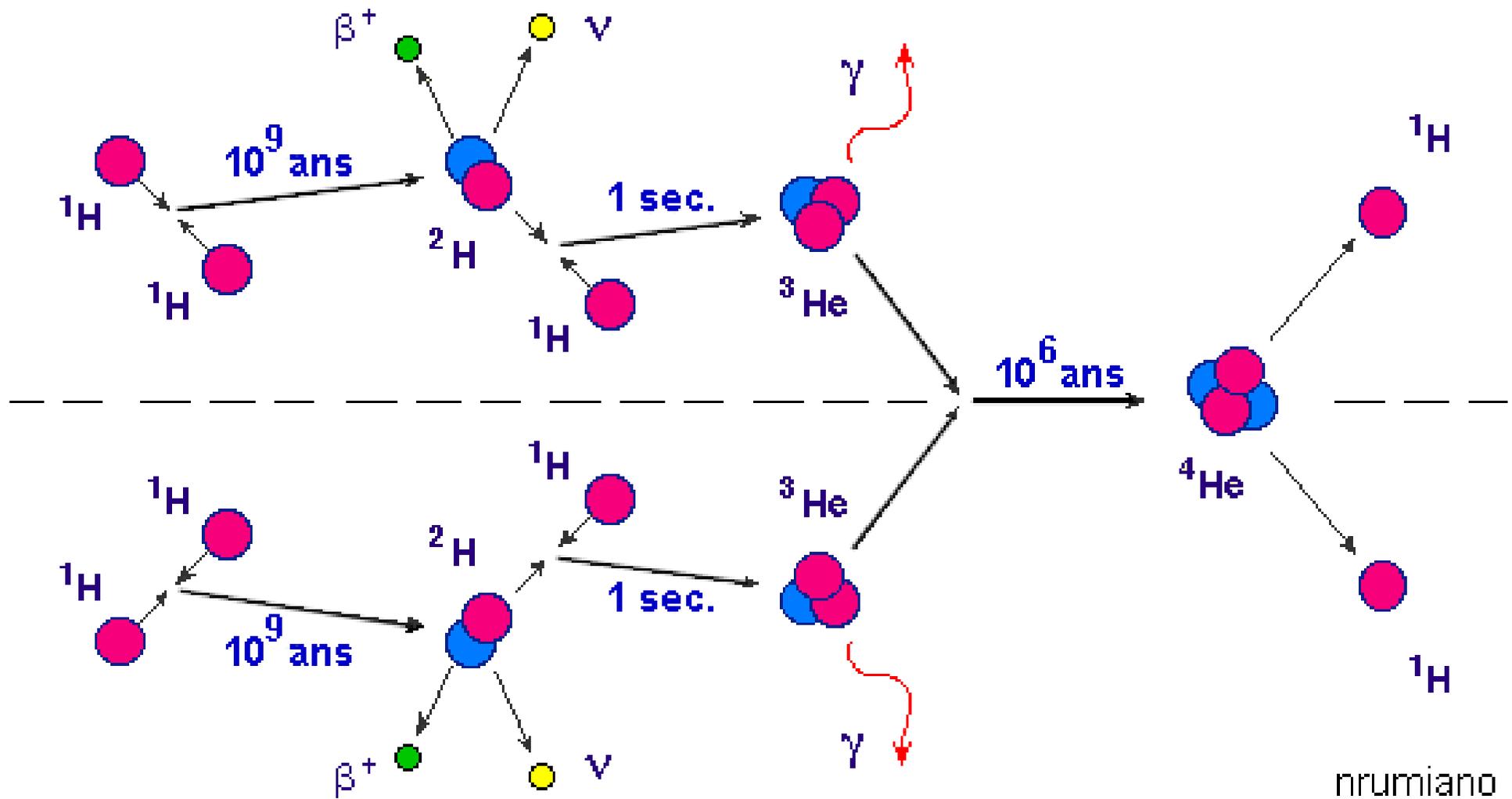
- La terre reçoit
  - $1370 \text{ W/m}^2$  et par an
  - $180 \times 10^{15} \text{ W}$  (énergie externe)
  - Sous forme de photons ou de rayonnement
  - Représente 20 fois nos besoins annuels

# Énergie solaire



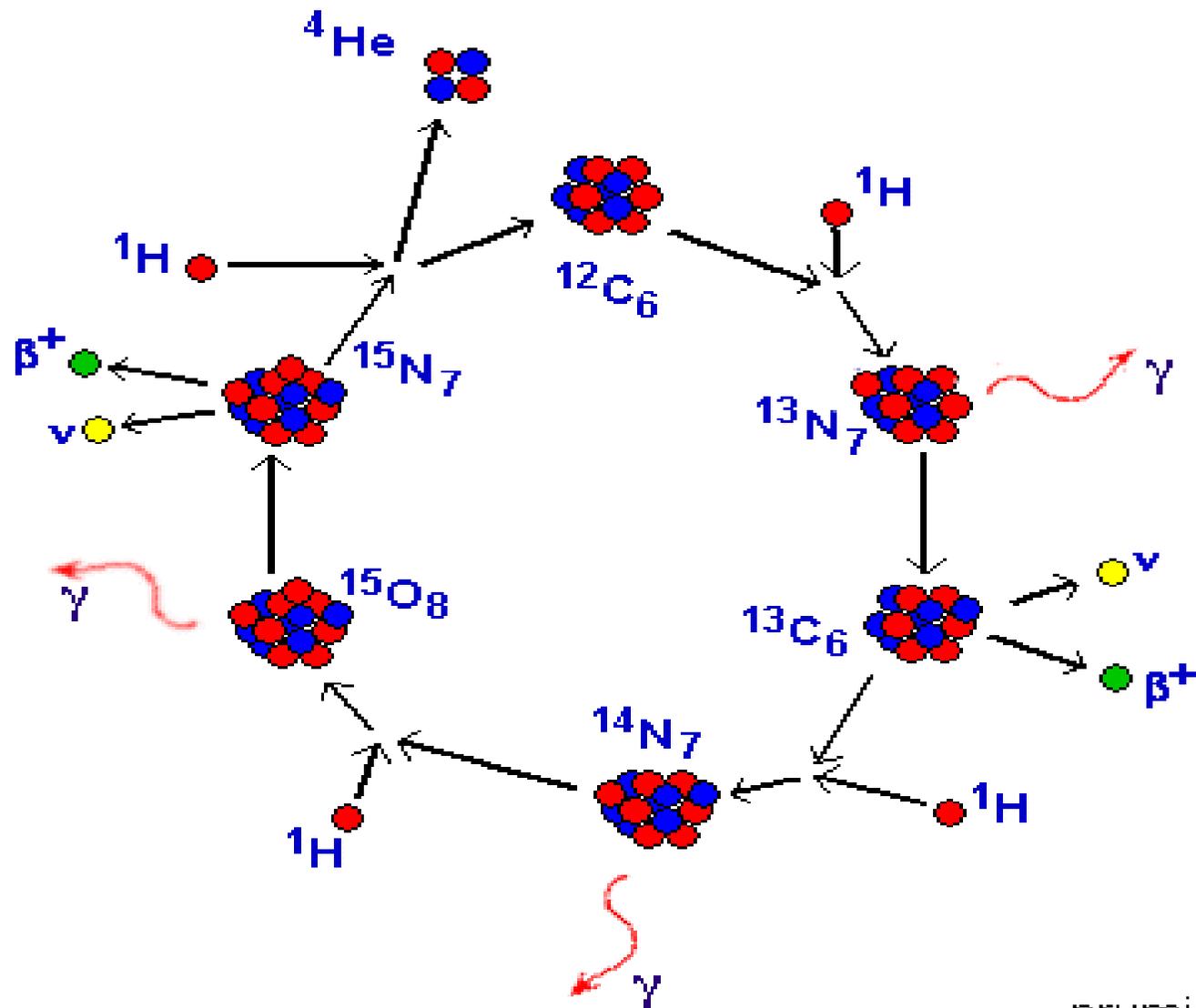
- fournie par la fusion nucléaire (hydrogène essentiellement) à partir de deux réactions :
- Chaîne proton-proton (pp) représente 88%
- Chaîne CNO 12%

# Chaine proton-proton



numiano

# Chaîne CNO



# Énergie solaires variations

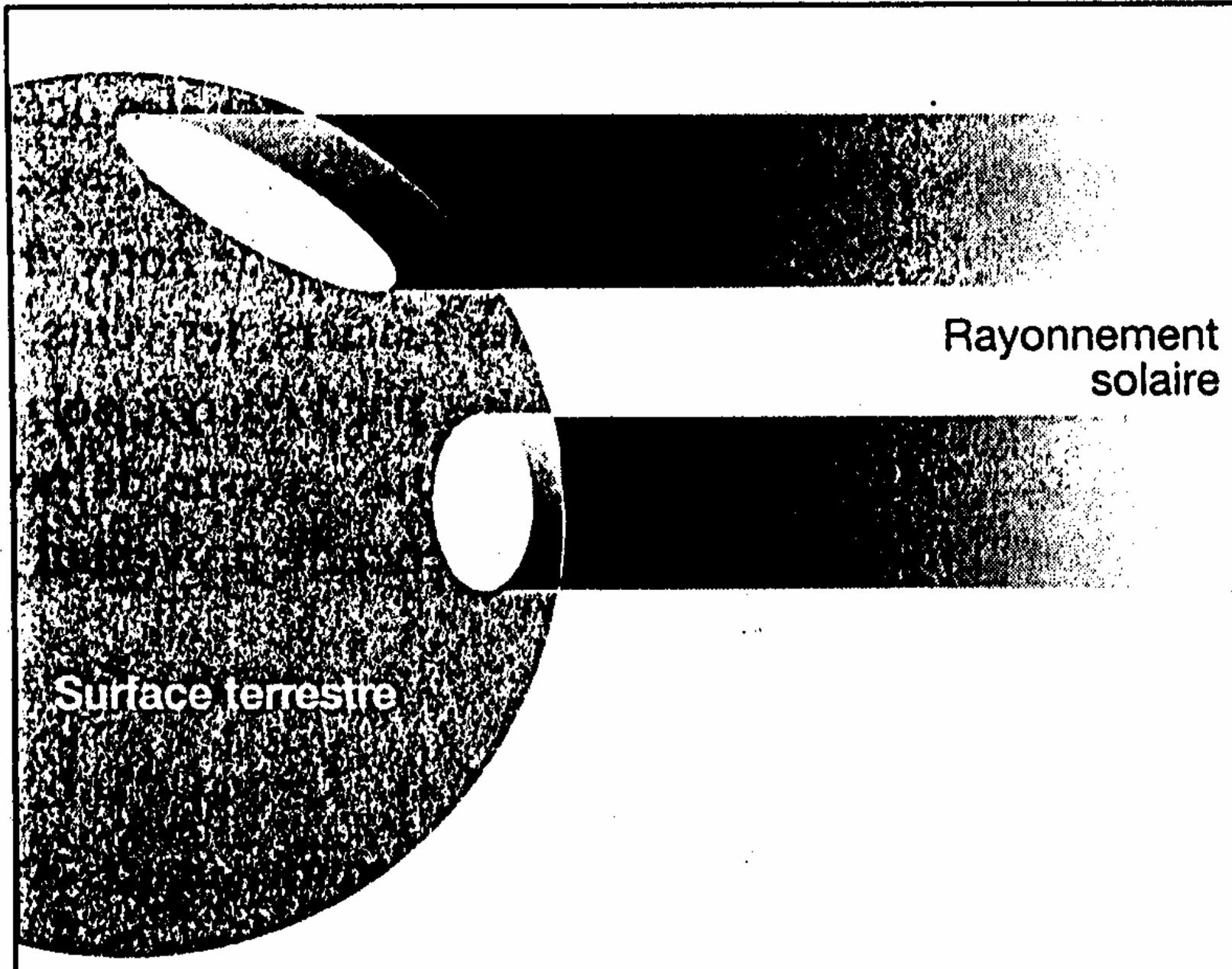
- entre le jour et la nuit et des saisons
- en fonction de la latitude



# Ensoleillement moyen W/m<sup>2</sup>/24h

Latitude	90	70	50	30	0	- 30	- 50	- 70	- 90
/saisons									
3 Janvier	0	0	90	231	413	505	509	514	547
21 Mars	0	149	280	378	436	378	280	149	00
22 Juin	524	492	482	474	384	213	80	0	0
4 Juillet	513	482	477	472	386	216	84	0	0
23 Septembre	0	147	276	373	430	372	276	147	0
21 décembre	0	0	86	227	410	507	514	526	559

# Ensoleillement / latitude



# Rôle de l'énergie solaire



- 70 % absorbée (gain)
- 30 % réfléchie (perte)
- Équilibre dynamique

# Notion d'albedo



- Rapport énergie réfléchie/surface à l'énergie solaire incidente
- comprise entre 0 et 1
- Miroir parfait 1
- Neige fraîche 0,87
- Sable 0,25 à 0,30
- Végétation 0,10 à 0,15
- Océans 0,06 à 0,2
- Corps blanc et corps noir

## conséquence



- Température moyenne de la terre

- 18<sup>o</sup> c

## Rôle de l'énergie solaire

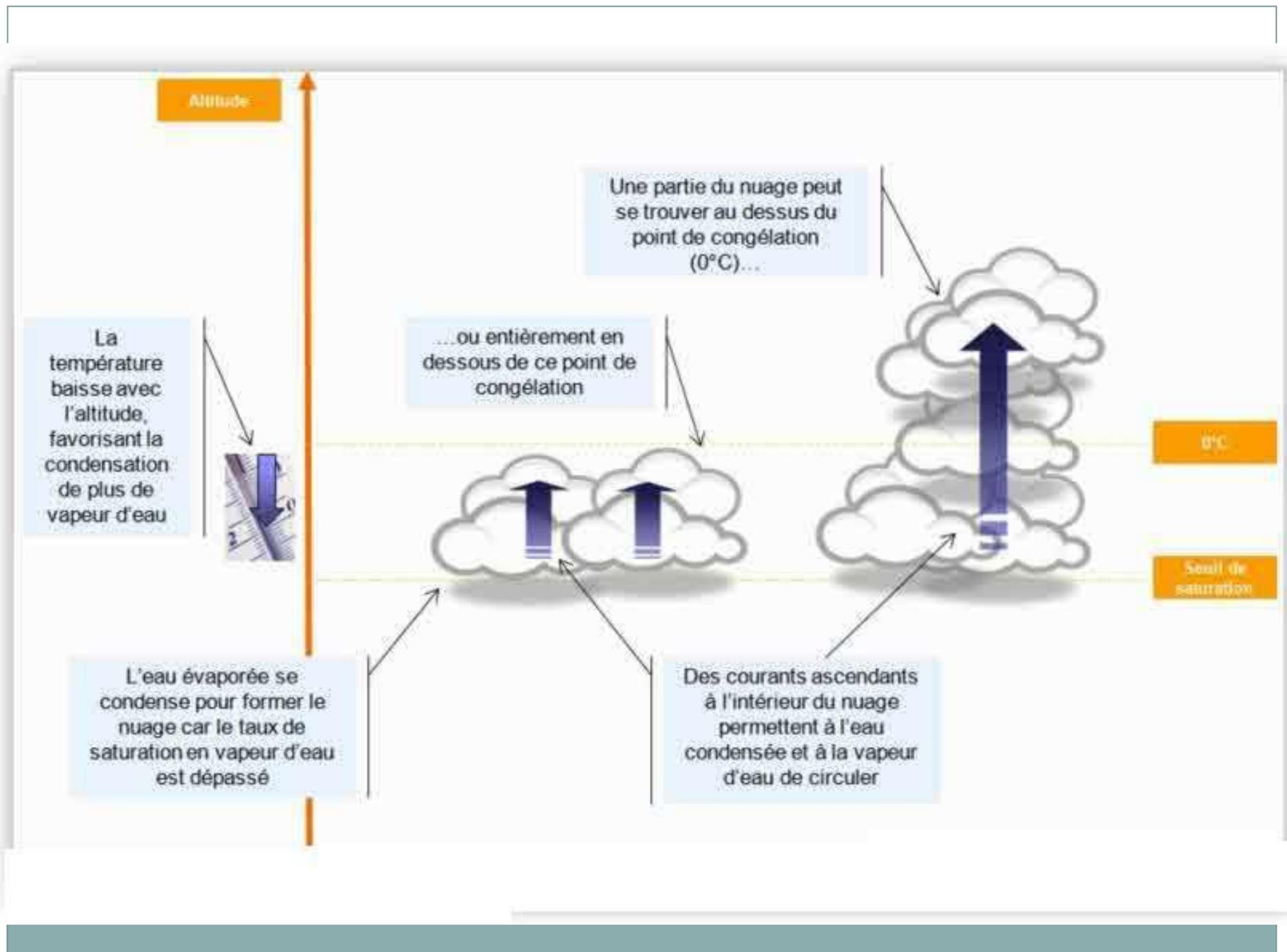


- Chauffe les masses d'eau → Evaporation (plus de mille milliards de tonnes par jour)
- Chauffe les masses d'air qui devient moins dense
- Photosynthèse

## Chauffe les masses d'eau



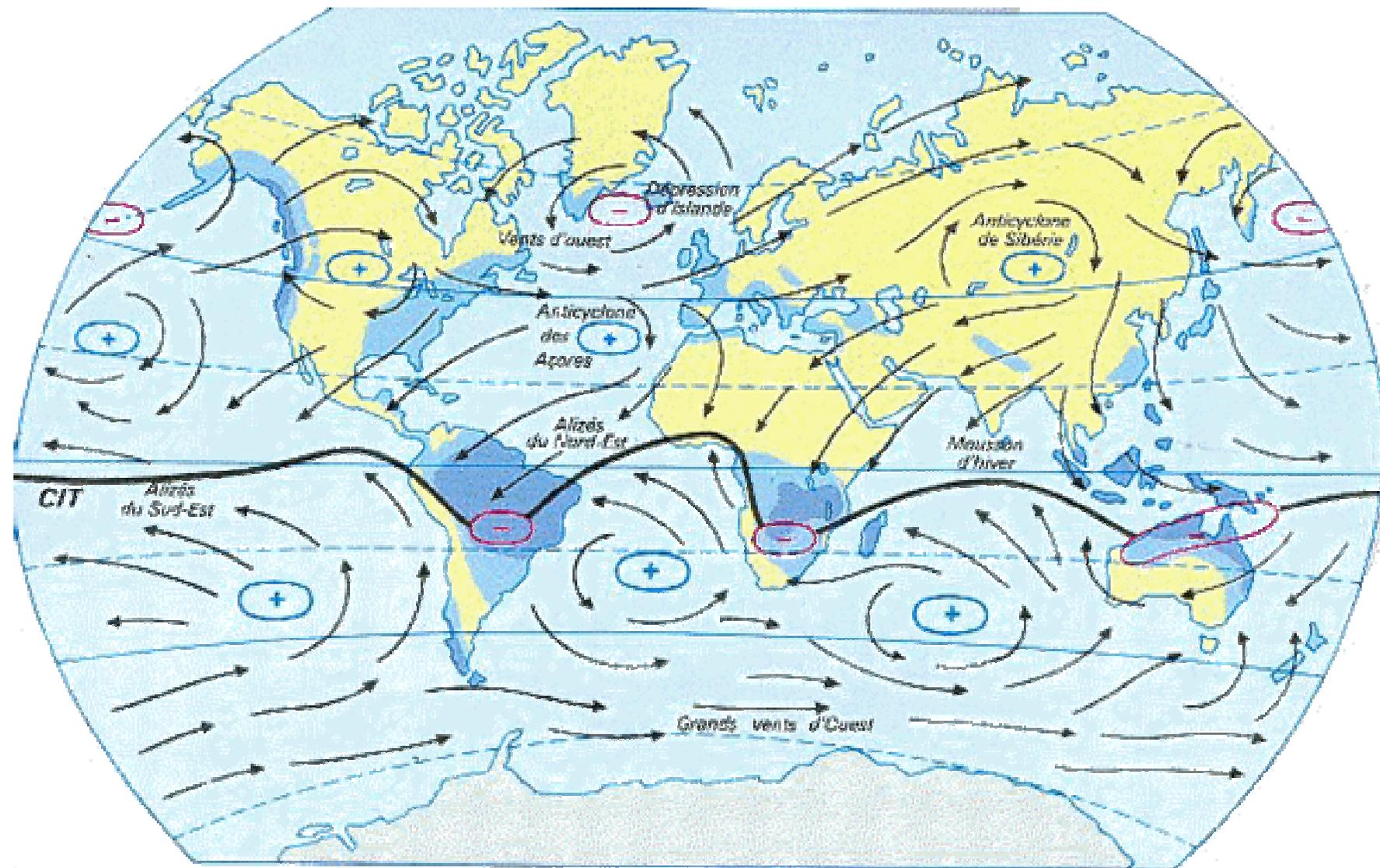
- → Evaporation (plus de mille milliards de tonnes par jour)
- Condensation
- Nuages
- Pluies grêle, neige



# Chauffe les masses d'air



- Montée des masses d'air chaud
- Par compensation on a descente des masses d'air froid
- Formation des vents
  - ✦ → vagues



## Conclusion



- Tous les processus de la géodynamique externe de notre planète sont conditionnés par l'énergie solaire.

## 3- L'eau



- Densité = 1
- Origine (hypothétique):
  - ✦ Nuages interstellaires
  - ✦ Cométaire
- Grande inertie thermique
- Énorme réservoir des océans

# Eau



- sous forme de trois (3) états et ce (grâce aux conditions de pression et température):
  - gaz
  - Liquide
  - solide

## 4- Atmosphère



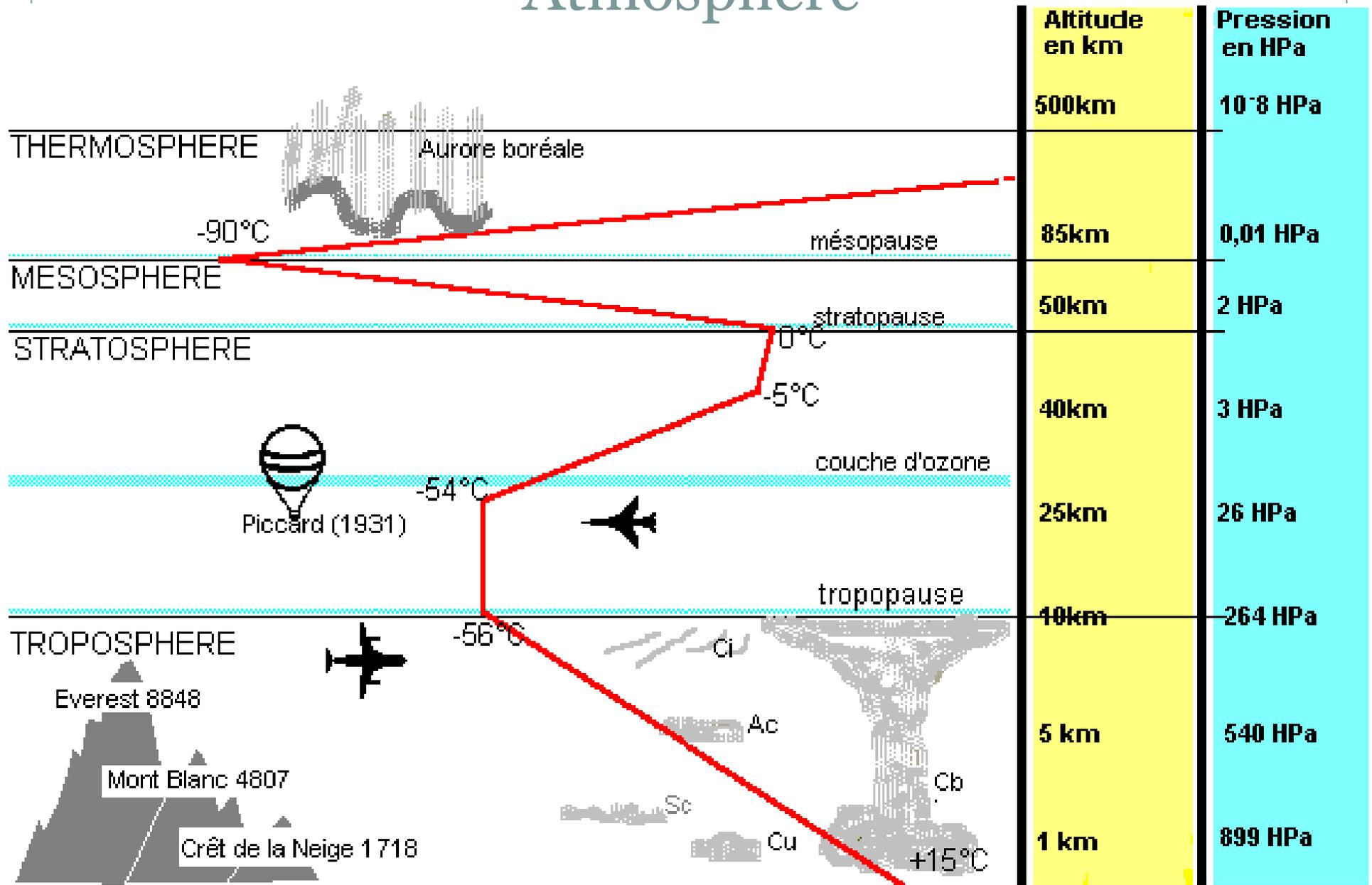
- enveloppe de gaz et de poussière (particules) entourant la terre
- Epaisseur 500Km.
- Constitué dans le cas de la terre de 4 couches

# Couches de l'atmosphère

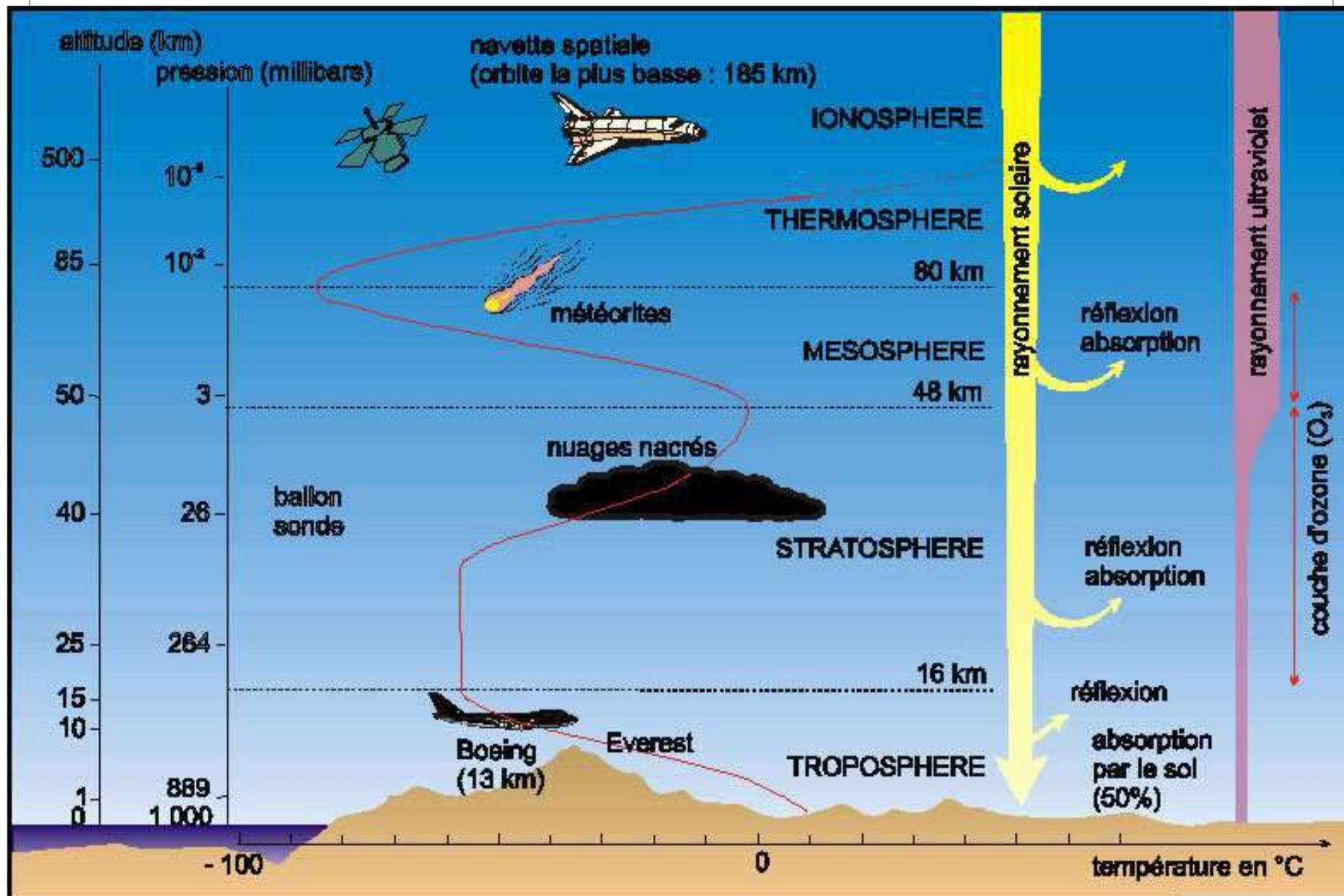


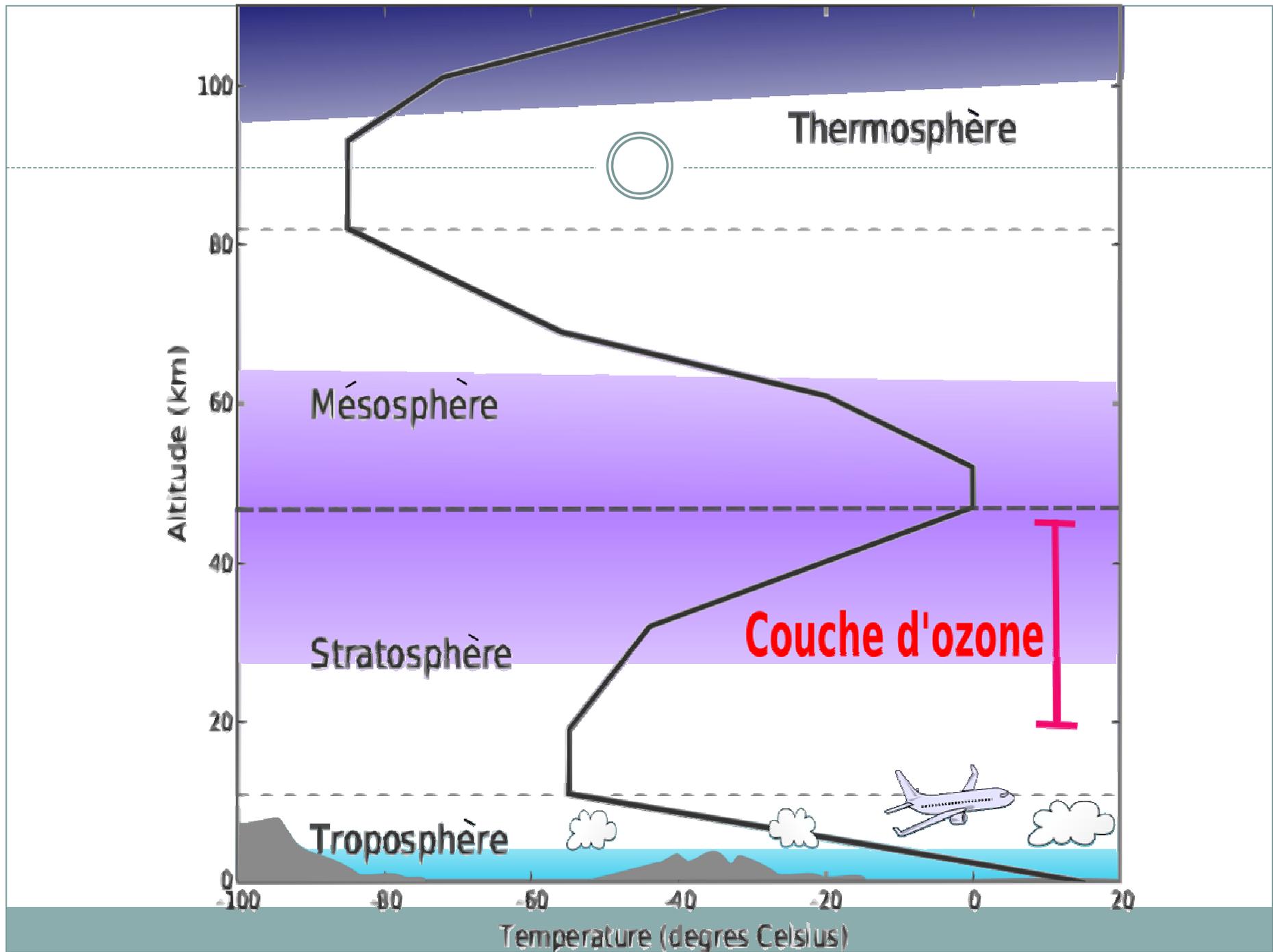
- Troposphère (0-10 km)
- Stratosphère (10-45 km)
- Mésosphère (50-80 km)
- Thermosphère (80-500 à 1000 km)

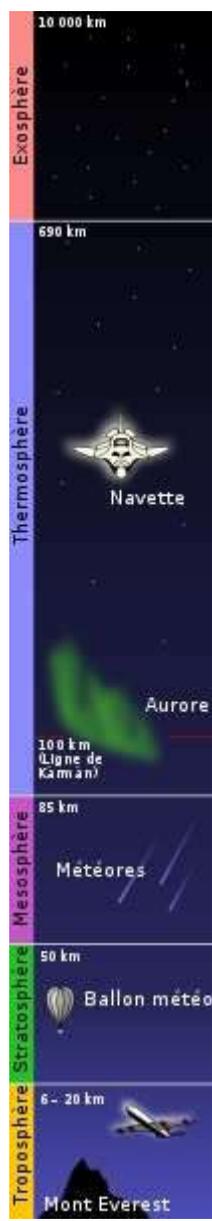
# Atmosphère



# Atmosphère





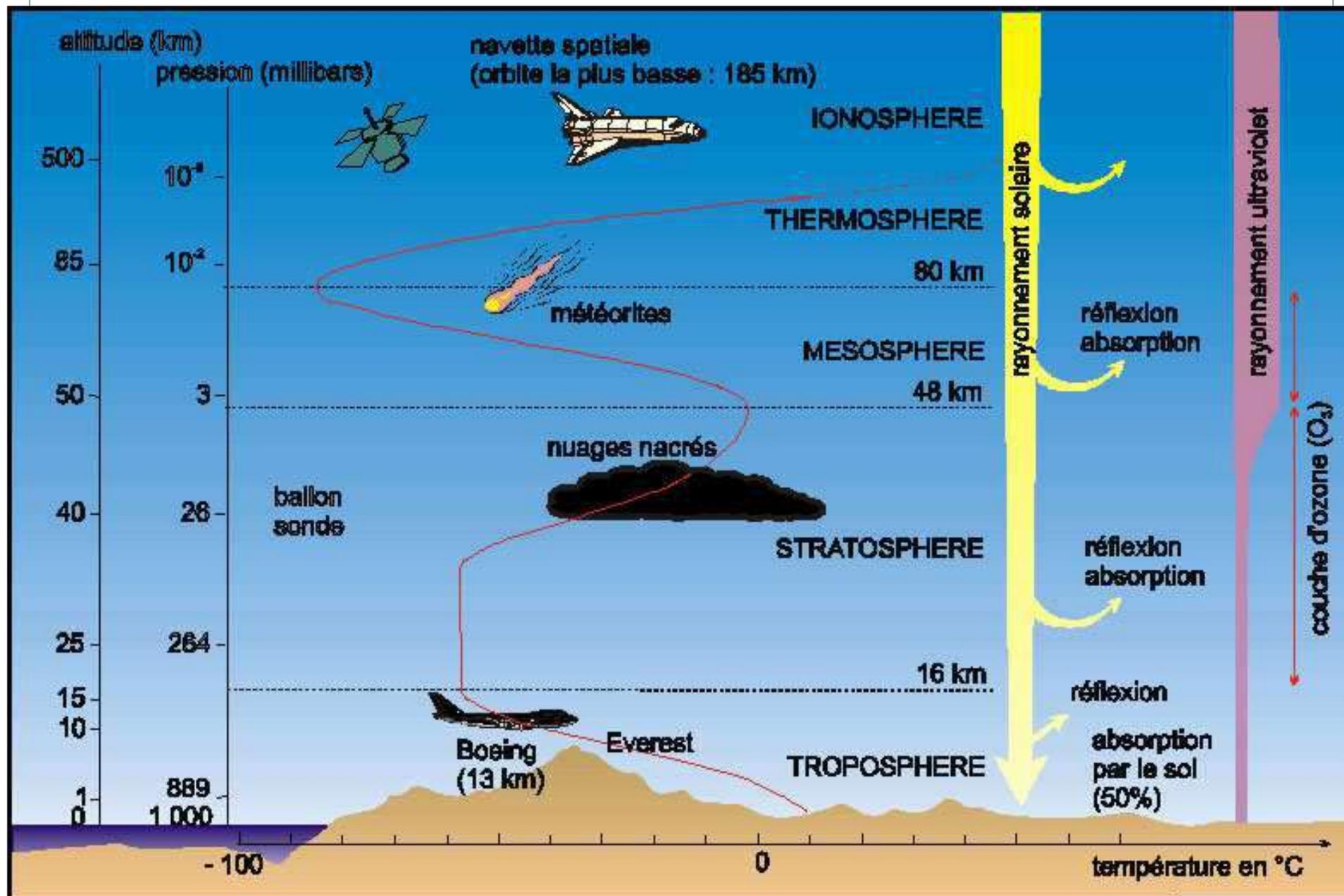


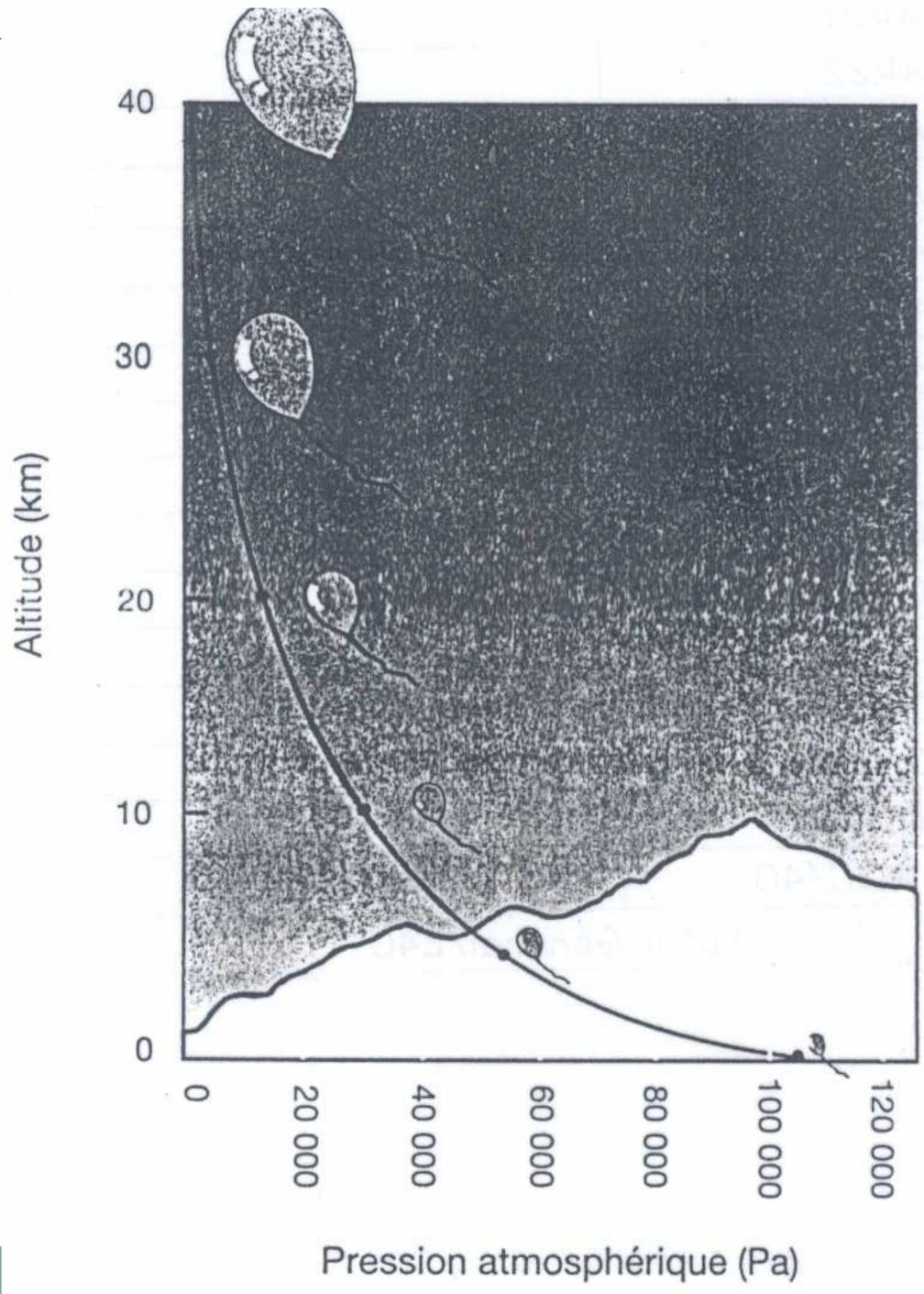
# Température

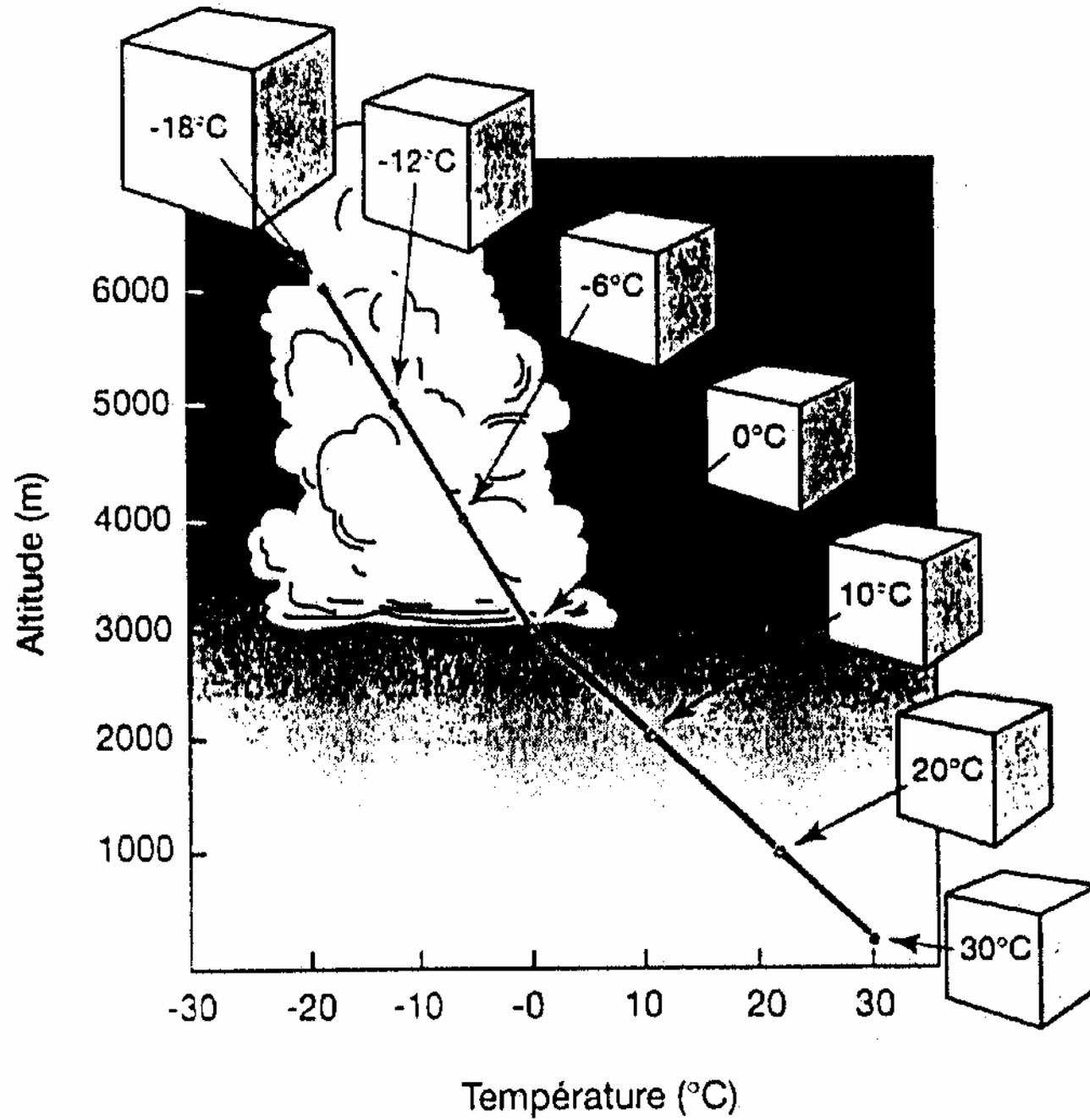


- Température diminue de  $10^{\circ}/\text{km}$  sur les 3 premiers Km puis de  $6^{\circ}/\text{Km}$  sur les 7 km suivants

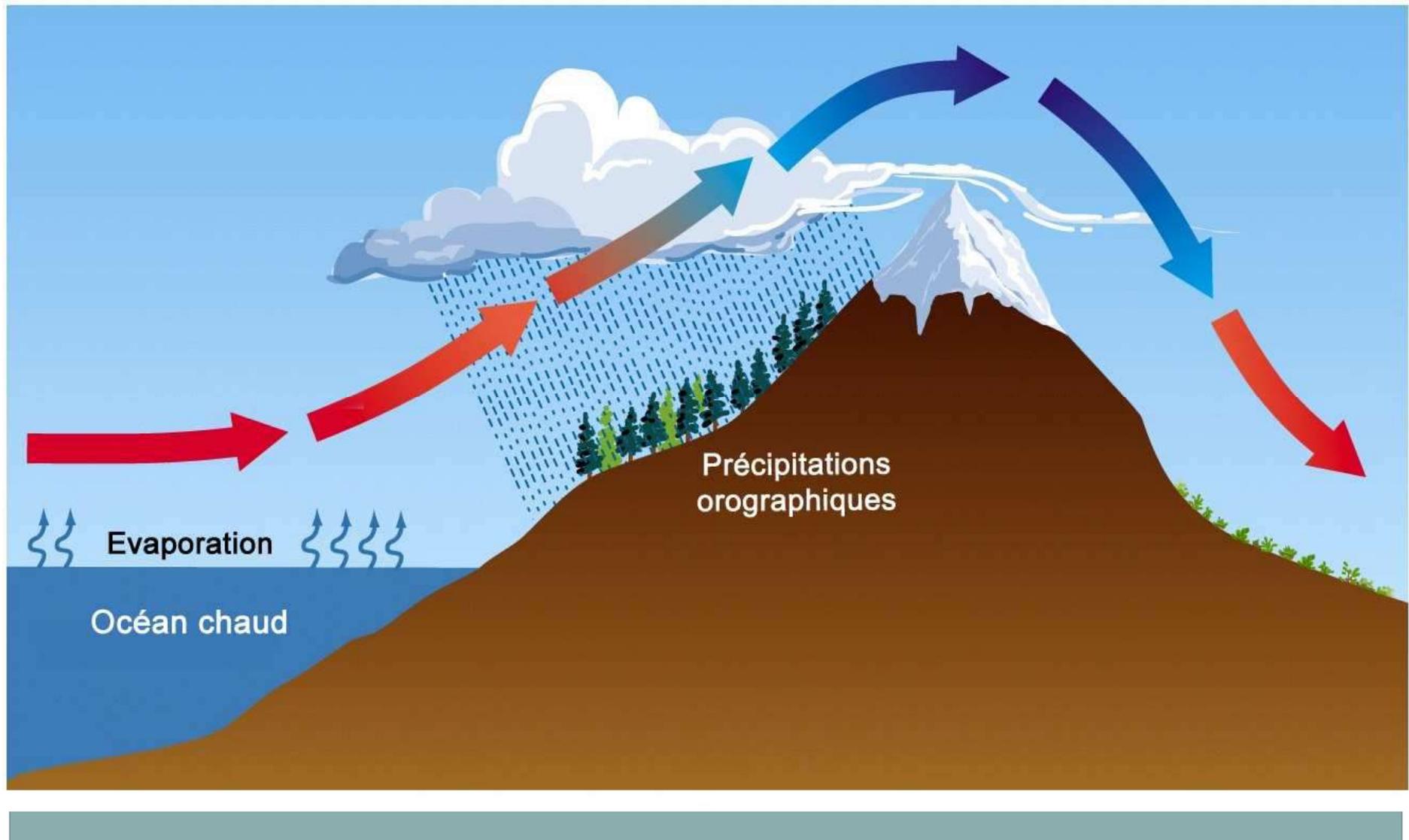
# Atmosphère



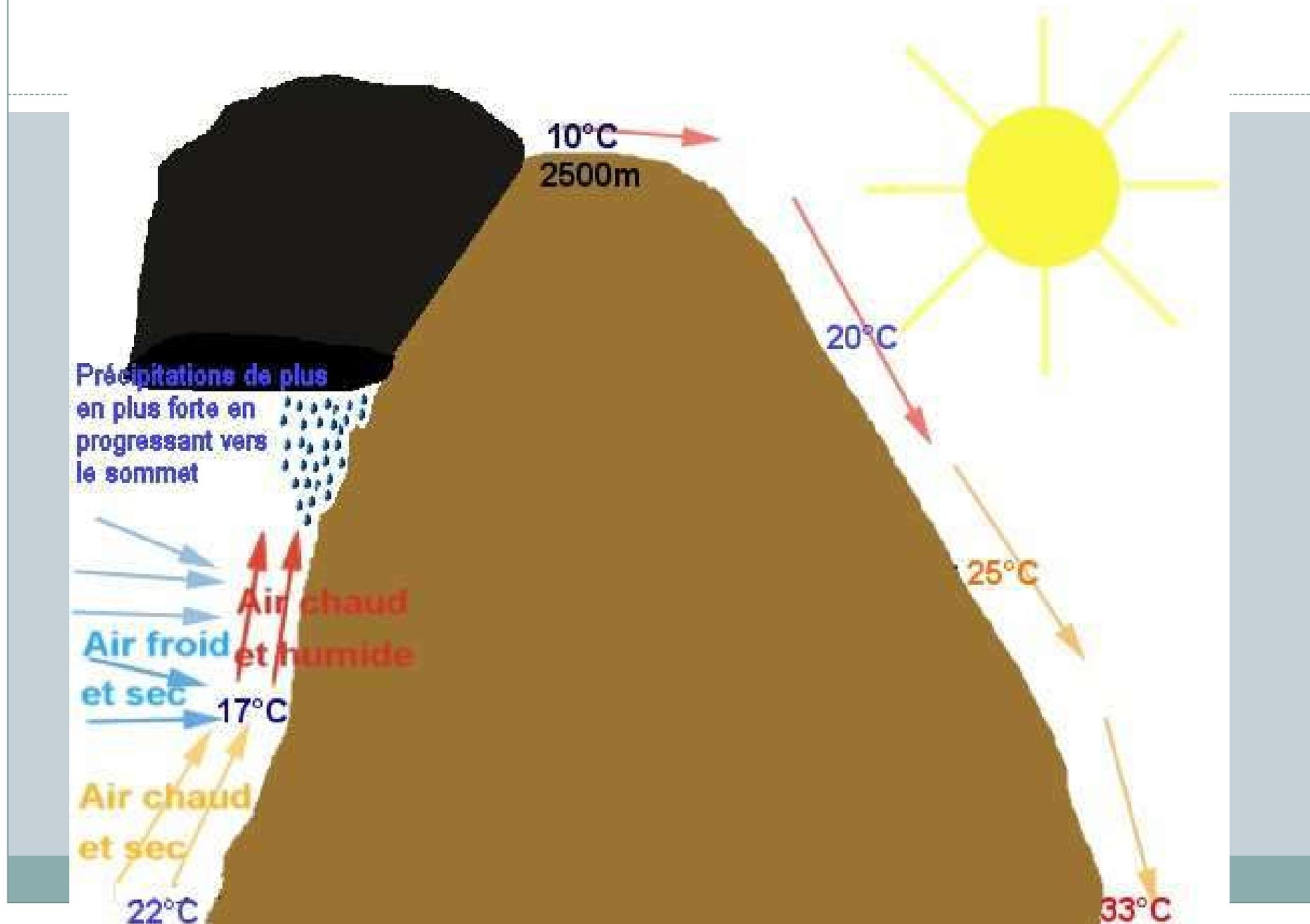




# Effet de Foehn



# Effet de Foehn



## les constituants majeurs



- dioxygène 20,94% (en volume)  
23,14% (en masse)
- diazote 78,03% (en volume)  
75,63% (en masse)
- l'argon 0,93 %

## *les constituants mineurs*



• le CO <sub>2</sub>	373 ppmV
• les gaz rares	24 ppmV
• le méthane	1,4 ppmV
• les oxydes nitreux	0,5 ppmV
• les chlorofluorocarbures ou (CFC)	0,8 ppmV
• l'hydrogène	0,5 ppmV
• l'Ozone	0,07 ppmV

# *les constituants anthropiques*



- **CO<sub>2</sub>**
- **Méthane**
- **L'Ozone**
- **Les Fréons (CFC chlorofluorocarbures)**

# Notion d'Aérosol



- Ensemble de particules, solides ou liquides dans un milieu gazeux
- Récipient contenant un produit avec un gaz propulseur

# EVOLUTION



- Certains gaz ont évolué en fonction du temps
  - Gaz carbonique
  - Méthane

# Gaz carbonique



○ 17ème siècle 280 ppmV

○ 1958 315 ppmV

○ 1999 373 ppmV

# Le Méthane



- ✦ 0,35 ppmV il y a 22 000ans
- ✦ 0,70 ppmV vers 1700
- ✦ 1.72 ppmV en 1990

# Les Fréons

## (CFC chlorofluorocarbures)

- **composés incolores, inodores, ininflammables,**
- **les premiers éléments sont apparus dans les années 30 comme réfrigérants puis comme gaz propulseurs.**
- **Ils ont été utilisés après dans les solvants , les extincteurs, la mousse de la matière plastique jusqu'à leur interdiction récente**

# L'Ozone



- Trioxygène formé de 3 atomes d'oxygène,
- découvert en 1839,
- gaz légèrement bleuté,
- le seul constituant atmosphérique capable de filtrer le rayonnement UV

# Ozone



- Deux types
  - Stratosphérique (le bon)  
protège des UV
  - Troposphérique (le mauvais)  
car il est toxique à la  
respiration

## 5- les océans

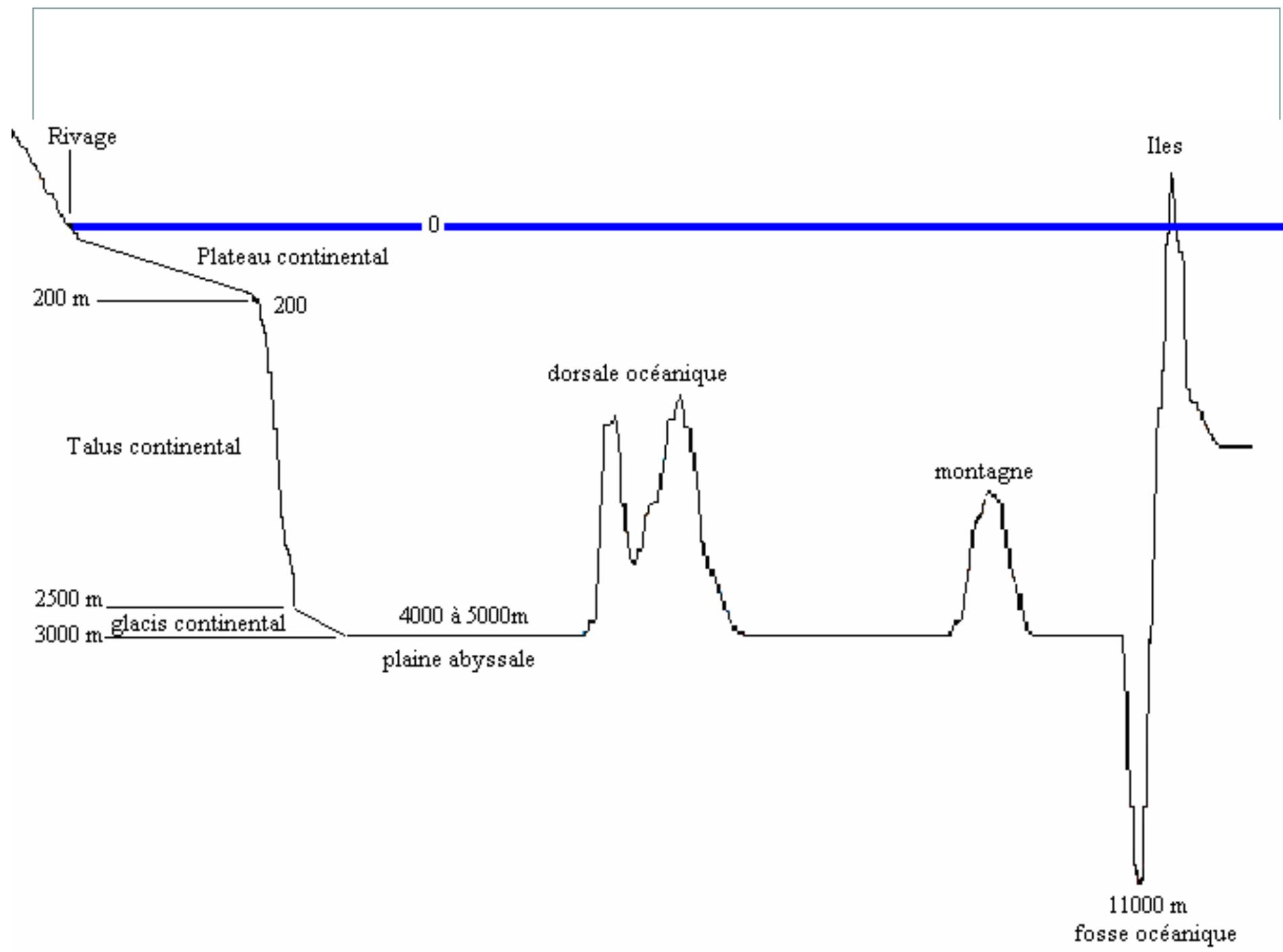


- 71 % de la surface d la terre
- Température de congélation de – 1,9°C
- Grand réservoir
- Inertie thermique
- salinité

# Caractéristiques morphologiques



- plateau continental
- talus continental
- glacis continental
- plaine abyssale
- fosse océanique



# plateau continental



- **Limites**
  - Variables
  - En moyenne de 0 à 200 m de profondeur
- **Largeur**
  - variable
- **Pente**
  - Moyenne 0,2 % ou moins de 1°

# Talus continental



- **Limites**
  - Variables
  - En moyenne de 200 à 2500 m de profondeur
- **Largeur**
  - variable
- **Pente**
  - Moyenne 3 à 6% 1 à 5°

# Glacis continental



- **Limites**
  - Variables
  - De 2500 à 3000 m de profondeur
- **Largeur**
  - variable
- **Pente**
  - Moyenne 0,2 % moins de 1°

## Plaine abyssale



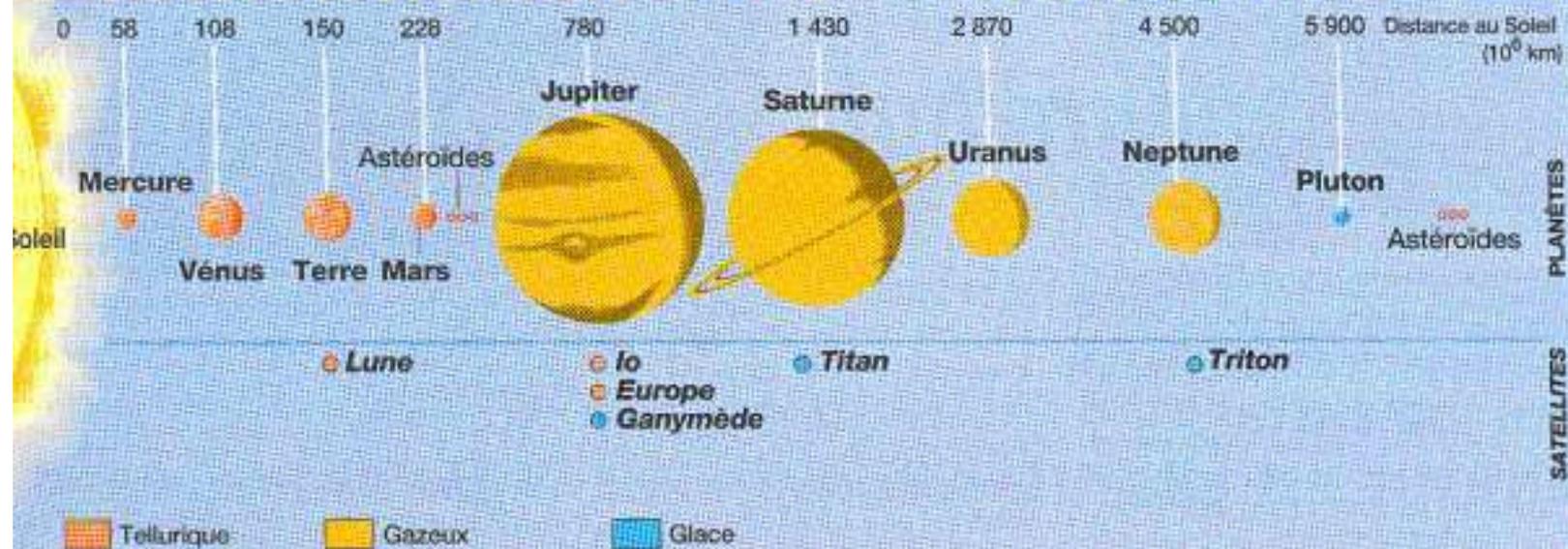
- 4000 à 5000 m de profondeur  
voire 6000m

# Dorsale océanique

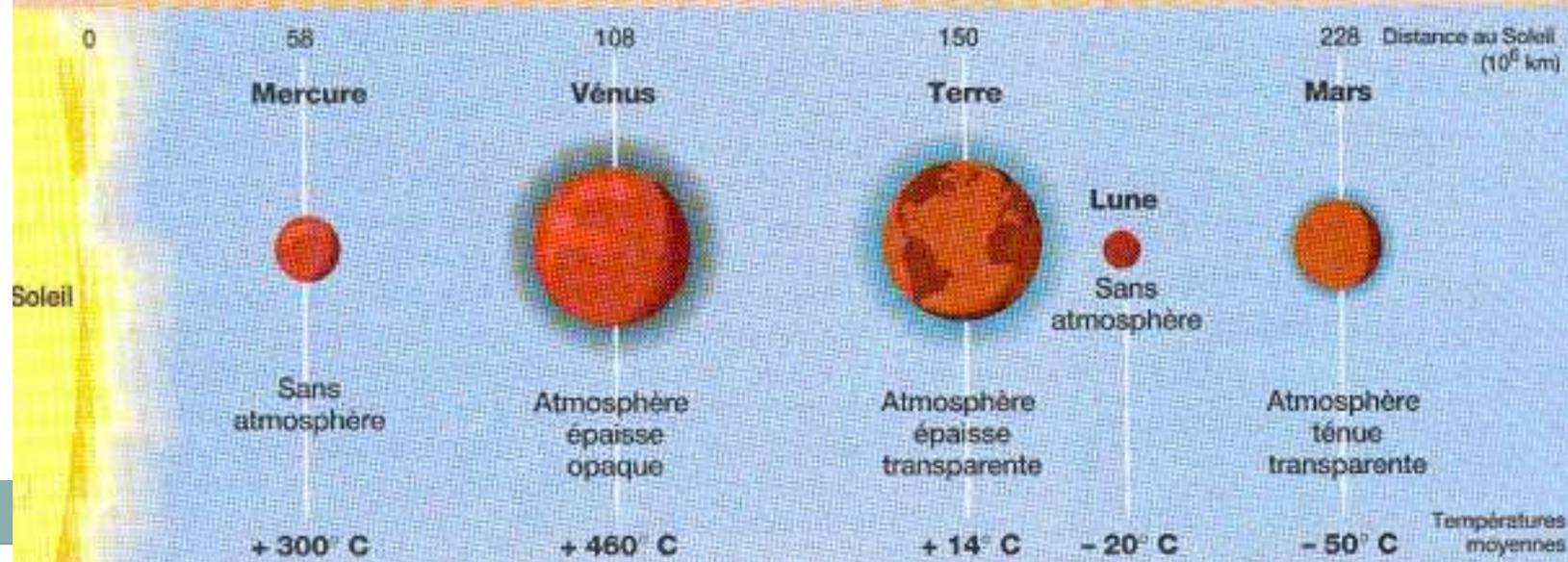


- Ride médio-océanique
- Frontière de divergence entre deux plaques tectoniques

## Classification des objets du système solaire



## Atmosphère et température de surface



# Marge continentale

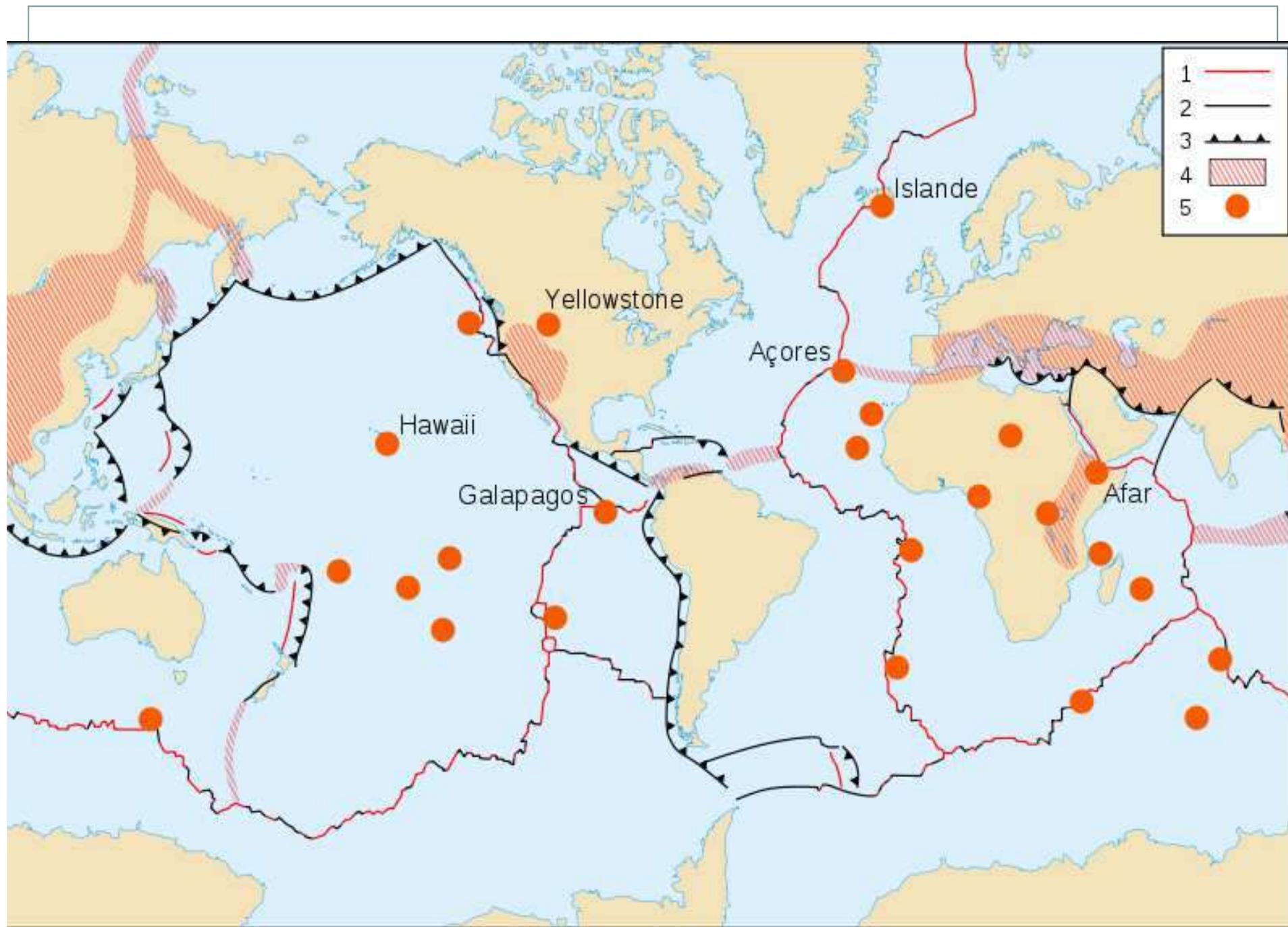


- Passive
  - plateau continental
  - talus continental
  - glacis continental
  - Pas d'activité sismique

# Marge continentale



- **Active**
  - Plateau continental réduit ou inexistant
  - Talus continental
  - Fosse océanique
  - Activité sismique

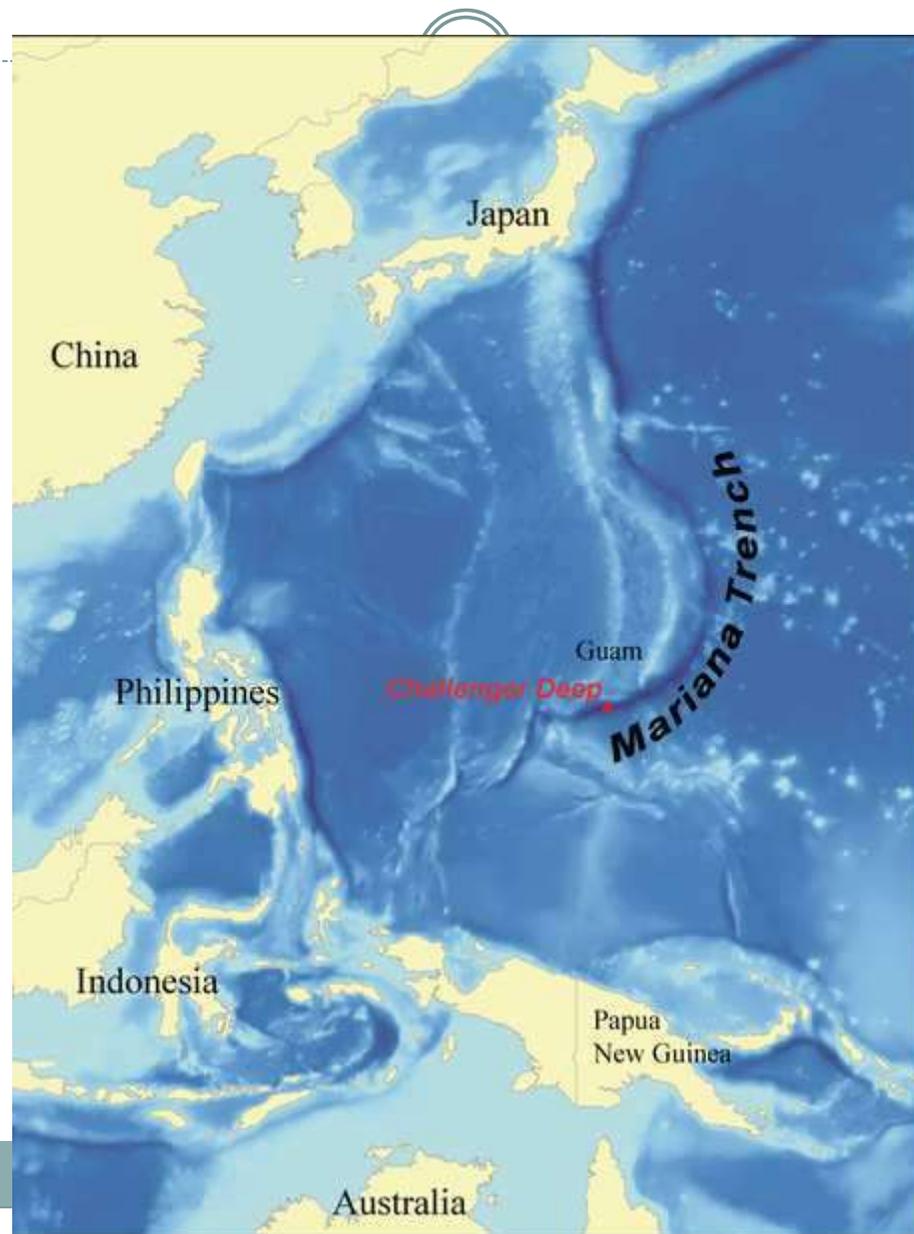


# Fosse océanique

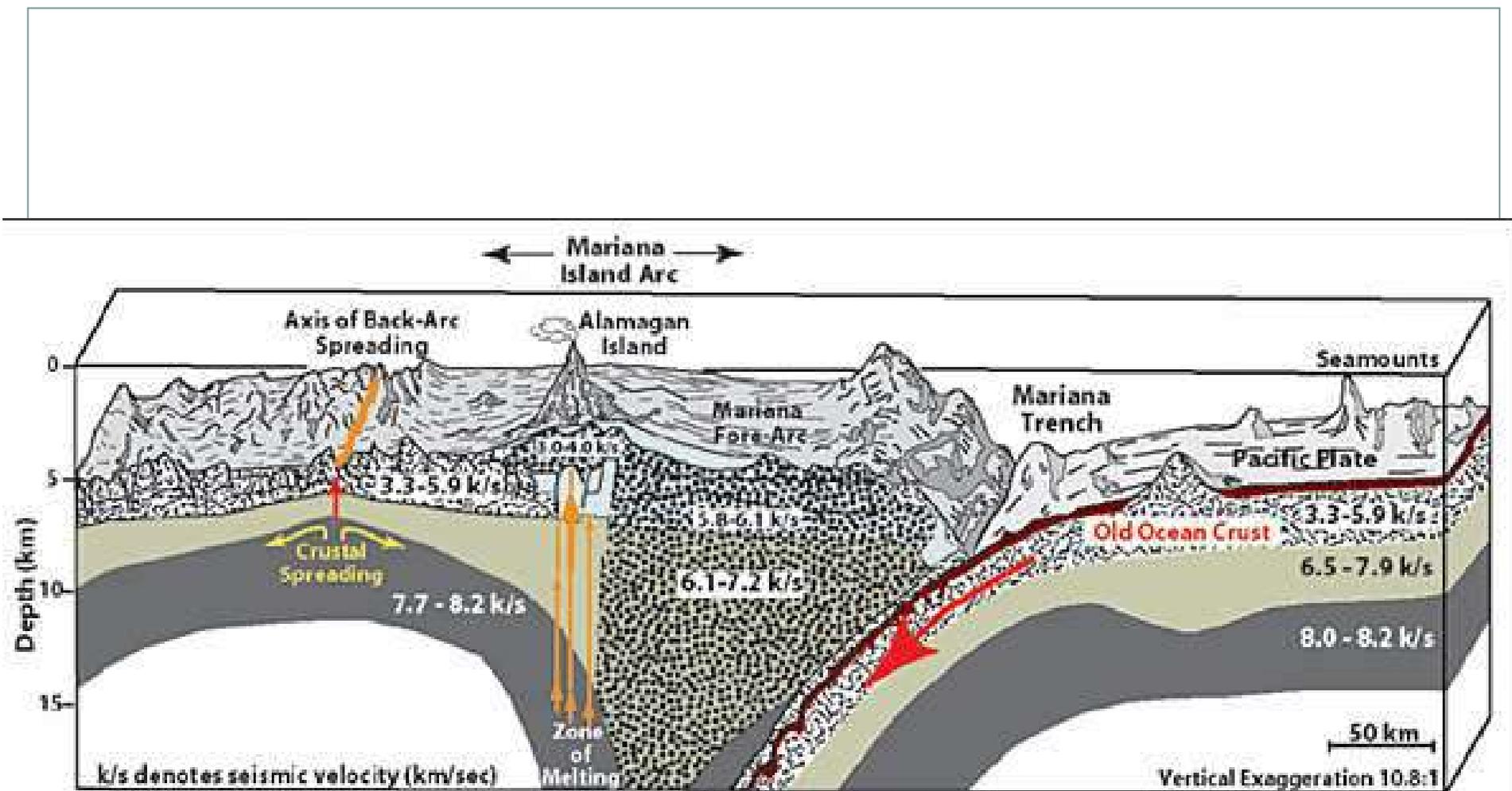


- Dépression sous marine profonde
- Zones de subduction ou de convergence
- Fosse des Mariannes dépassant 11000m de profondeur

# Fosse des mariannes







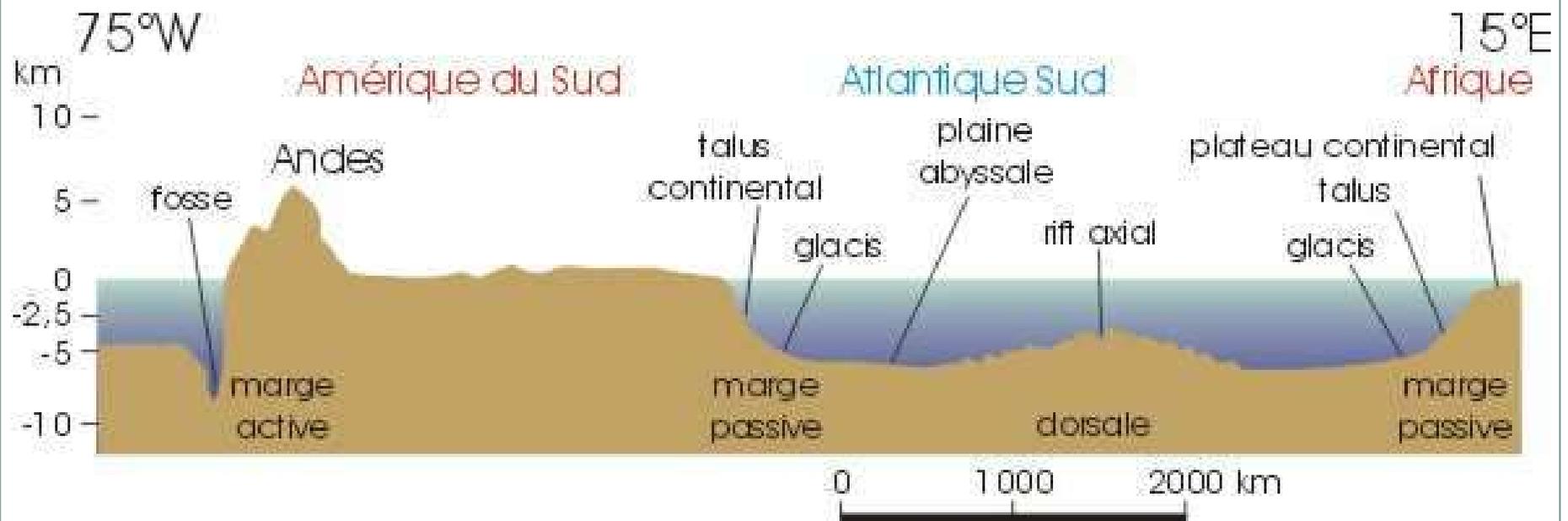
 Island arc crust, including rocks from contemporary volcanism and from older, rifted, volcanic arcs.

 Basaltic crust, including old crust on the Pacific Plate and young crust formed in the back-arc.

## Cross-Section Sketch of Mariana Arc

(After Hussong and Fryer, 1981)

# Atlantique-Pacifique



# Caractéristiques physico-chimiques



## ● Température

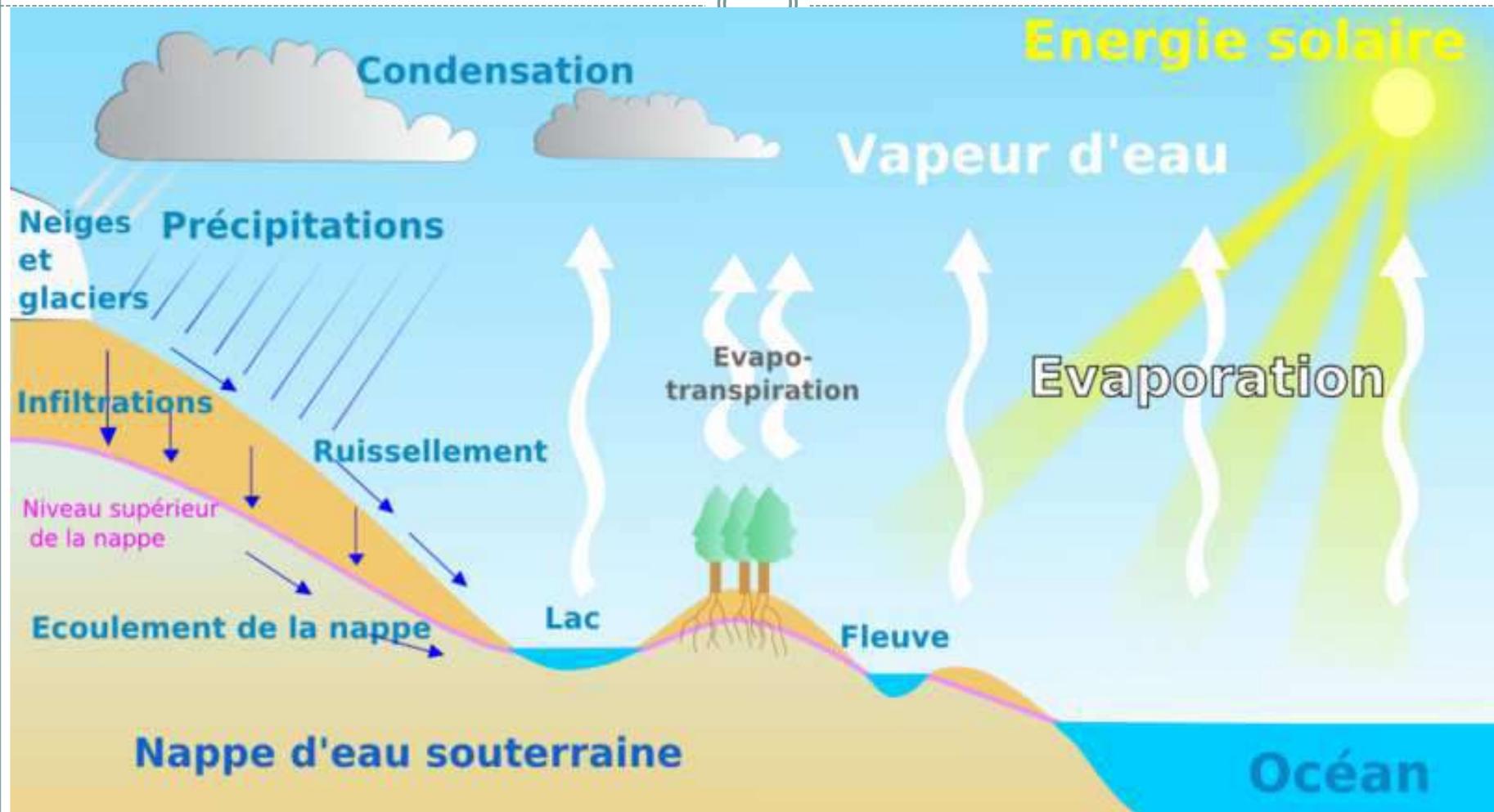
○ Elle est variable

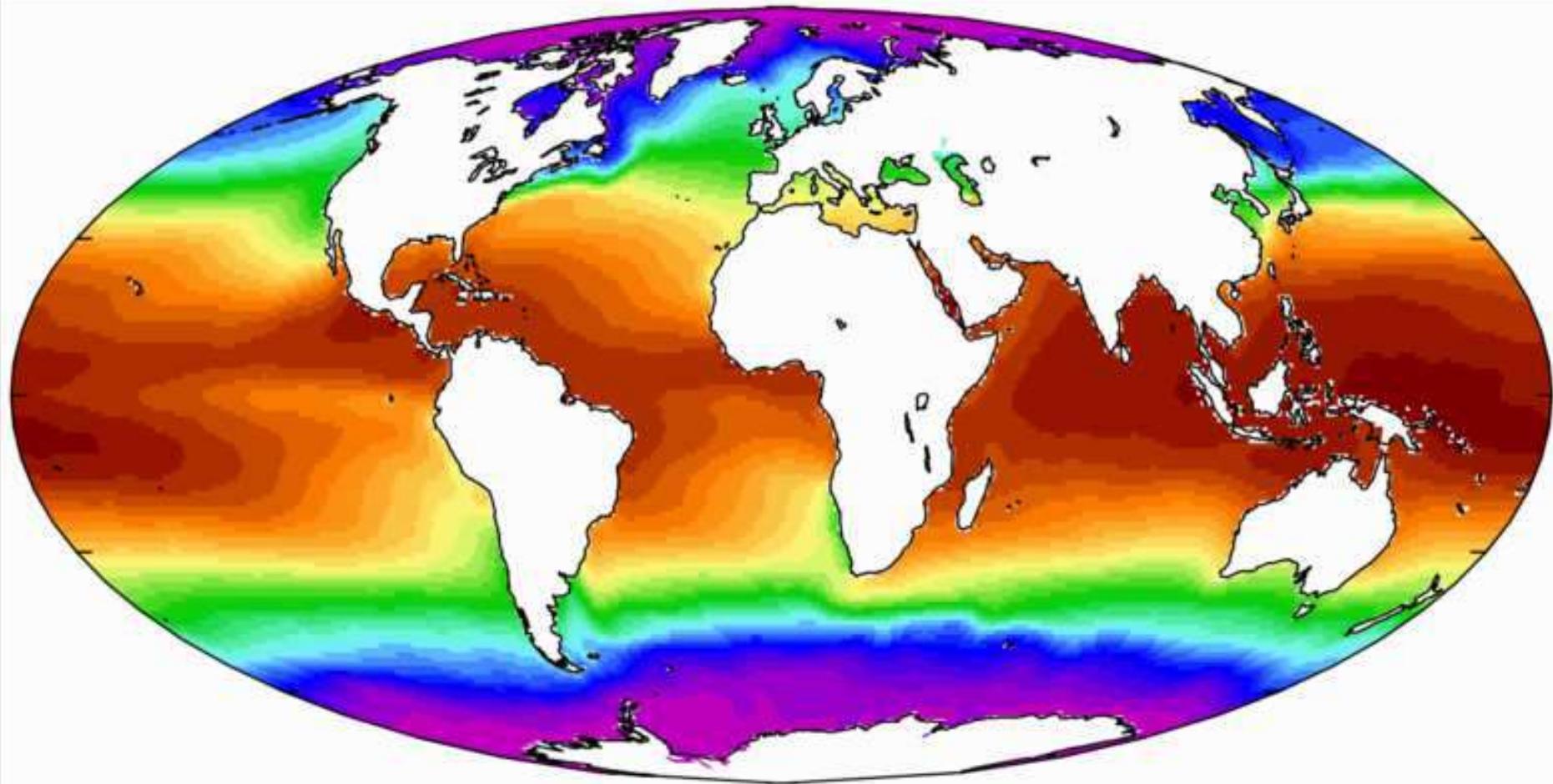
✦ Diminue avec la profondeur :  
jusqu'à 30° en surface et va jusqu'à  
0° autour de 4000m

✦ Latitude

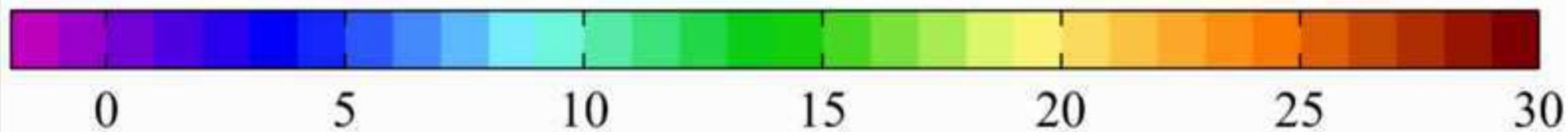
Diminue vers les pôles : 25° au large  
du Maroc jusqu'à 10° au large de  
l'Islande

# Cycle de l'eau





Sea-surface temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]



# Caractéristiques physico-chimiques



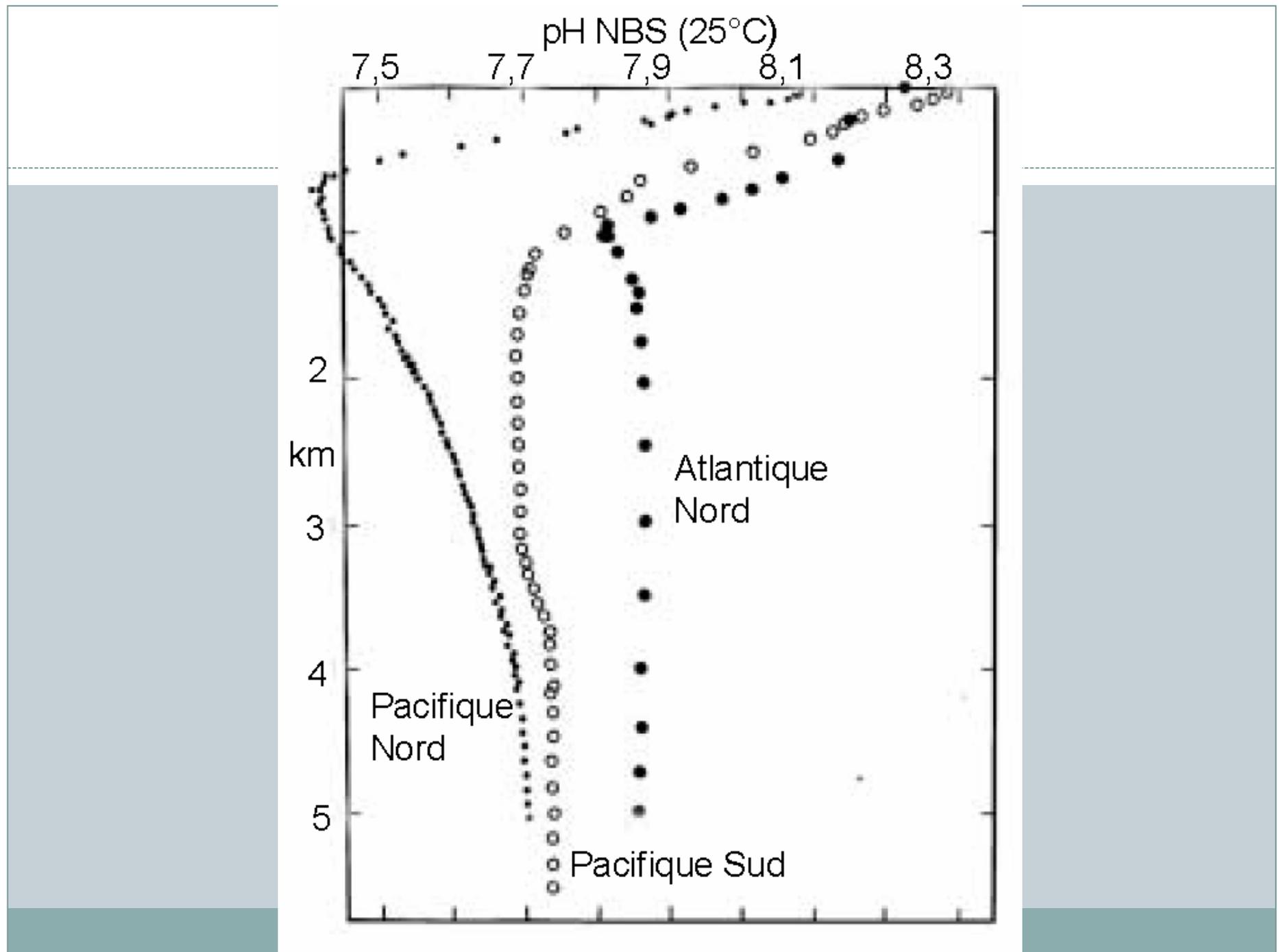
## ● pH

- Potentiel hydrogène, activité chimique des ions hydrogènes en solution
- Légèrement alcalin 7,5 à 8,2
- Dépend de la photosynthèse
- donc de la teneur en C

pH



- Le CO<sub>2</sub> augmente le pH
- Absorption du CO<sub>2</sub> diminue les CaCO<sub>3</sub>
- Pb pour la faune marine à test calcaire

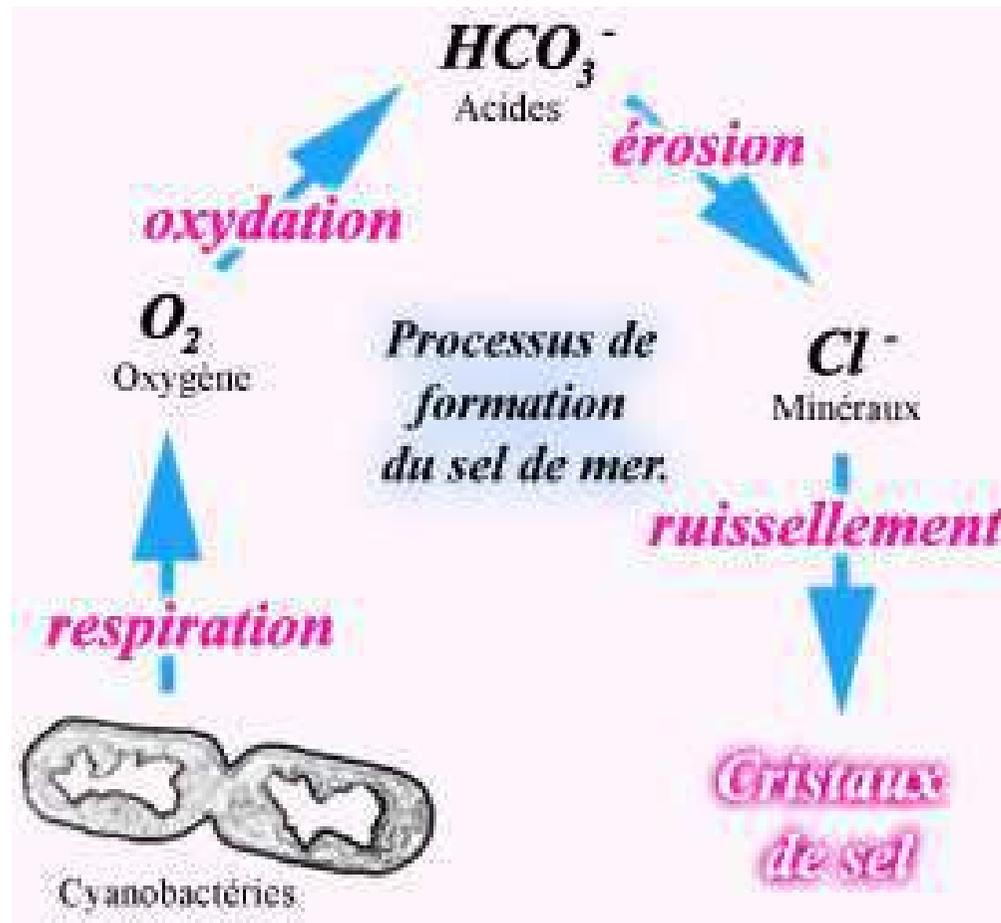


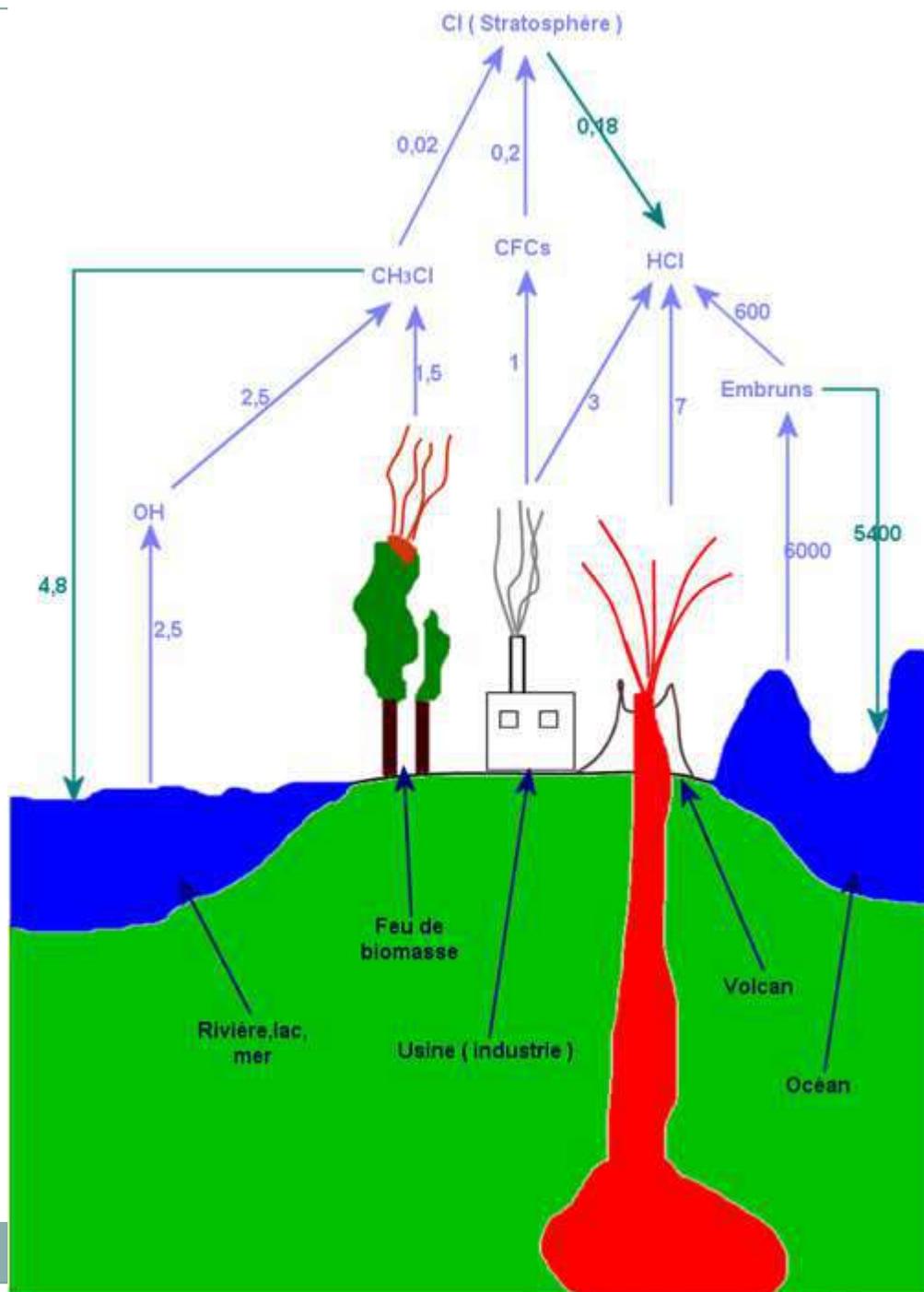
# Salinité

## Définition



- ***C'est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1 kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée***





# Salinité



- L'activité volcanique de la terre à sa formation,
- sources d'eau chaude très salées découvertes à proximité des riftes océaniques - lieu d'activité volcanique
- sel de mer représente en moyenne 35 g/L.

# Salinité

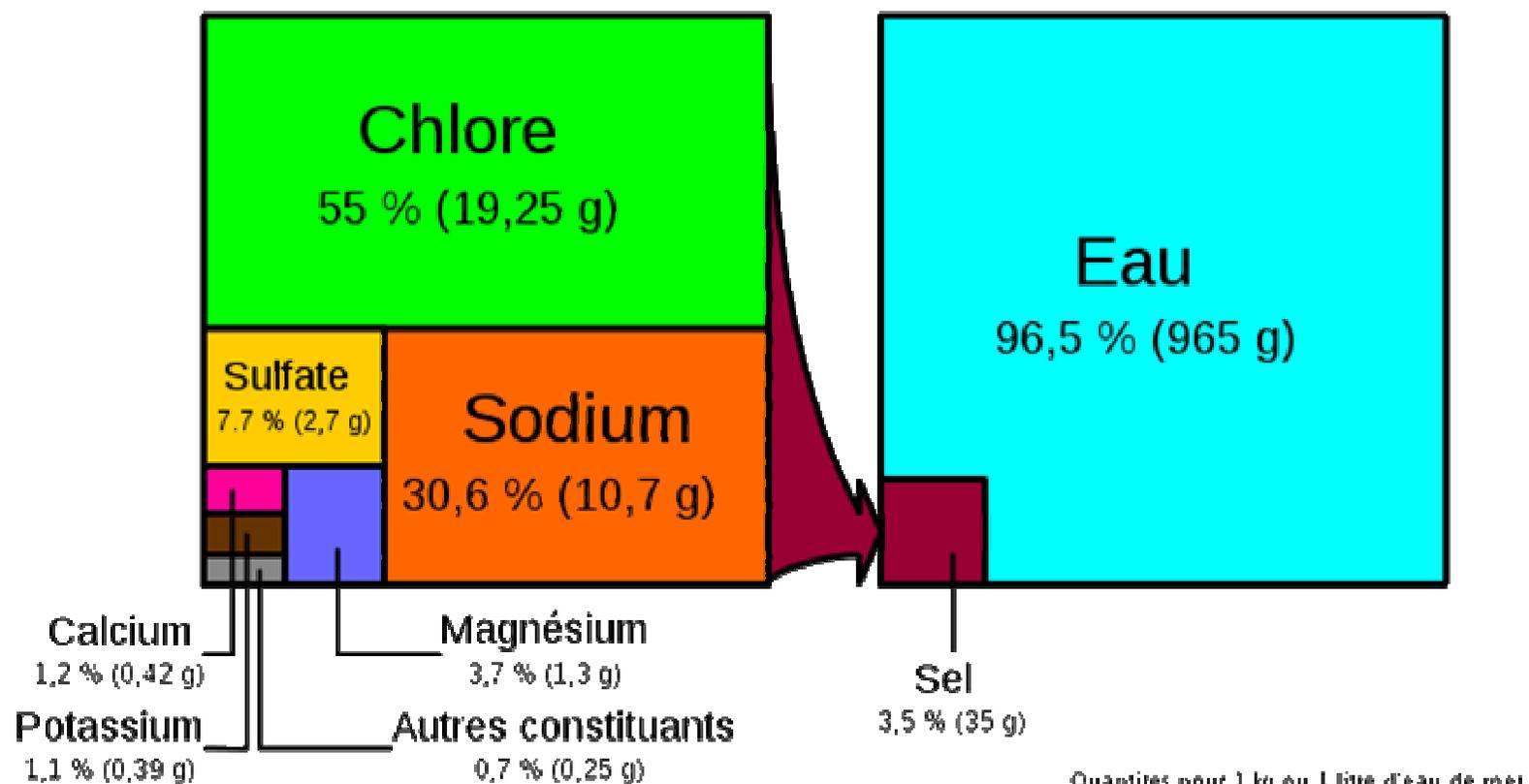
- Teneur en sel,
- Variable
- moyenne des océans est de 35 g/l,
- Méditerranée 37g/l
- 30 g/l (Atlantique nord)
- 40 g/l (mer Rouge)
- 6 g/l dans les eaux de surface de la mer Baltique
- 330 g/l dans la mer Morte.

# Principaux composants de l'eau de mer

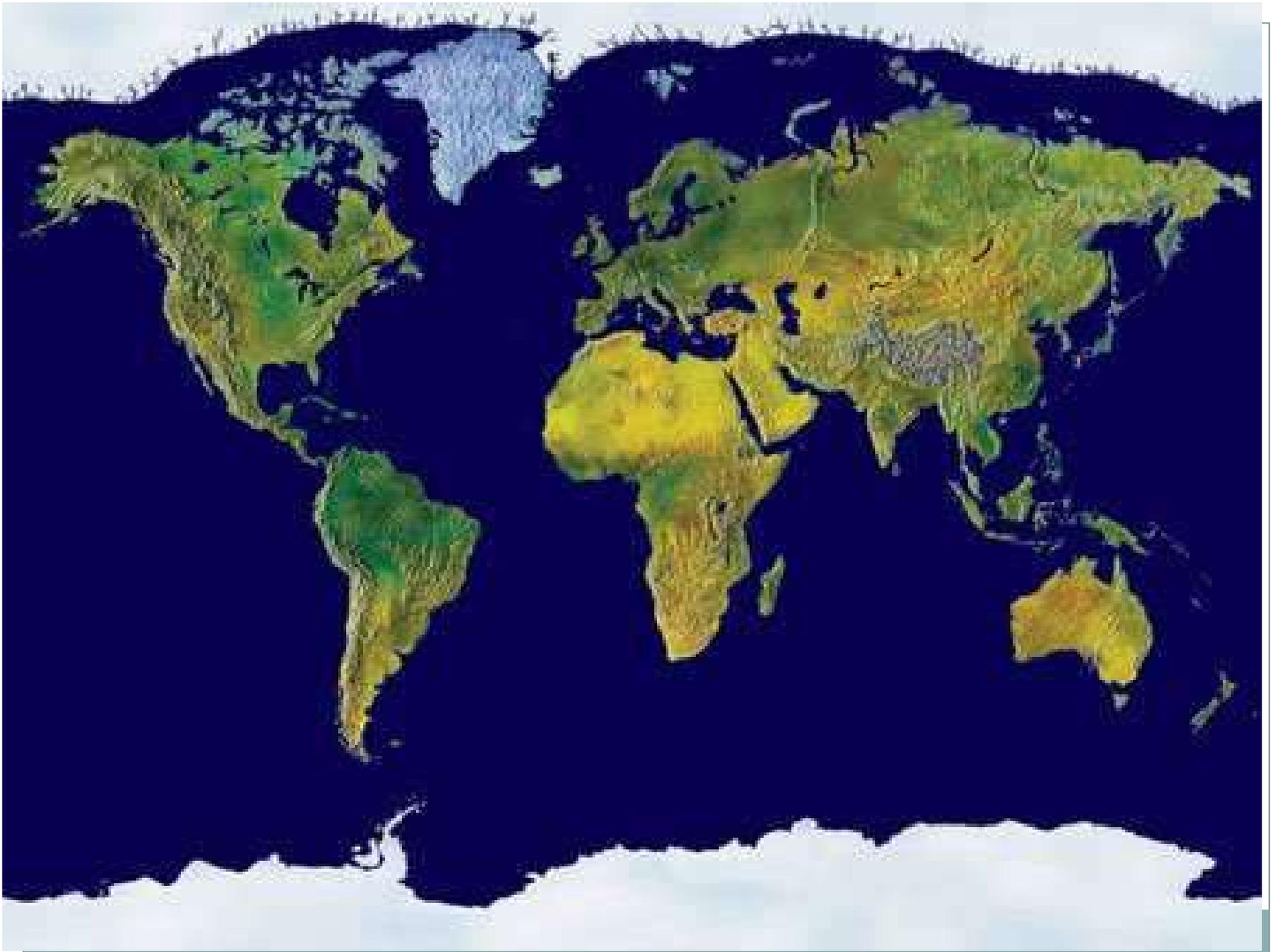


## Sel

## Eau de mer



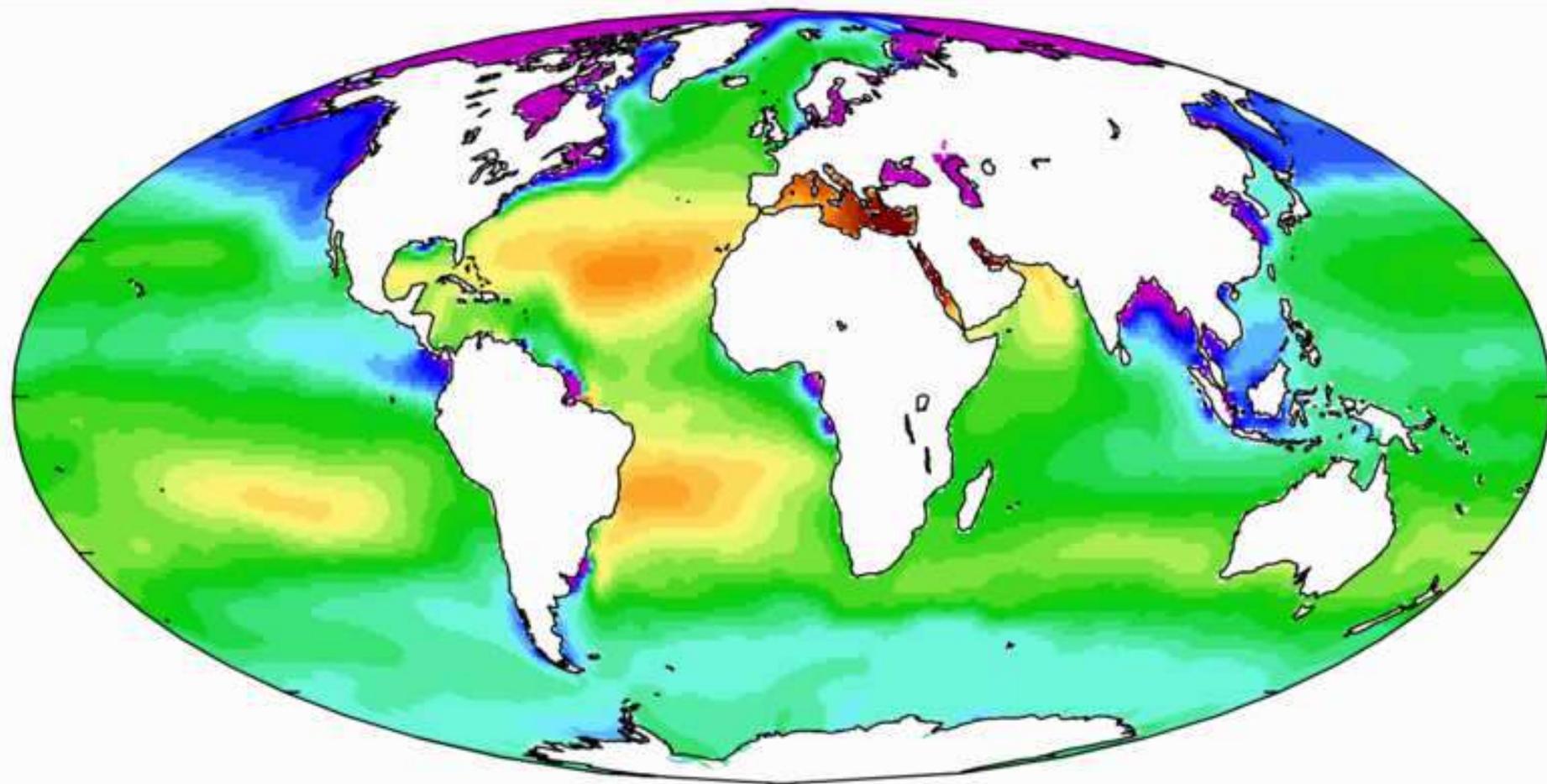
Quantités pour 1 kg ou 1 litre d'eau de mer.



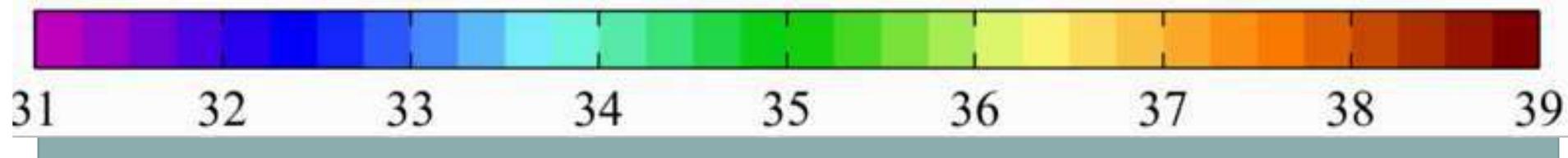
# Origine



- Les eaux de surface pluie et rivières (Haley 1715)
- Ion Na arraché au plancher océanique
- Ion Cl provient du dégazage (HCl)
- Autres gaz (volcans et monts hydrothermaux)



Sea-surface salinity [PSU]



# principaux composants d'une eau de mer de salinité 35

Anions (en g/kg)

Cations (en g/kg)

**Chlore  $Cl^-$**                       **18,9799**

**Sodium  $Na^+$**                       **10,5561**

**Sulfate  $SO_4^{--}$**                       **2,6486**

**Magnésium  $Mg^{++}$**                       **1,2720**

**Bicarbonate  $HCO_3^-$**                       **0,1397**

**Calcium  $Ca^{++}$**                       **0,4001**

**Brome  $Br^-$**                       **0,0646**

**Potassium  $K^+$**                       **0,3800**

**Fluor  $F^-$**                       **0,0013**

**Strontium  $Sr^{++}$**                       **0,0135**

# Caractéristiques hydrodynamiques



# La circulation océanique



## généralités



- Les mouvements des masses d'eau sont générés par :
  - les hétérogénéités de température
  - les écarts de salinité,
  - la rotation de la Terre (à l'origine de la force de Coriolis)
  - la circulation des masses d'air au niveau de la surface libre

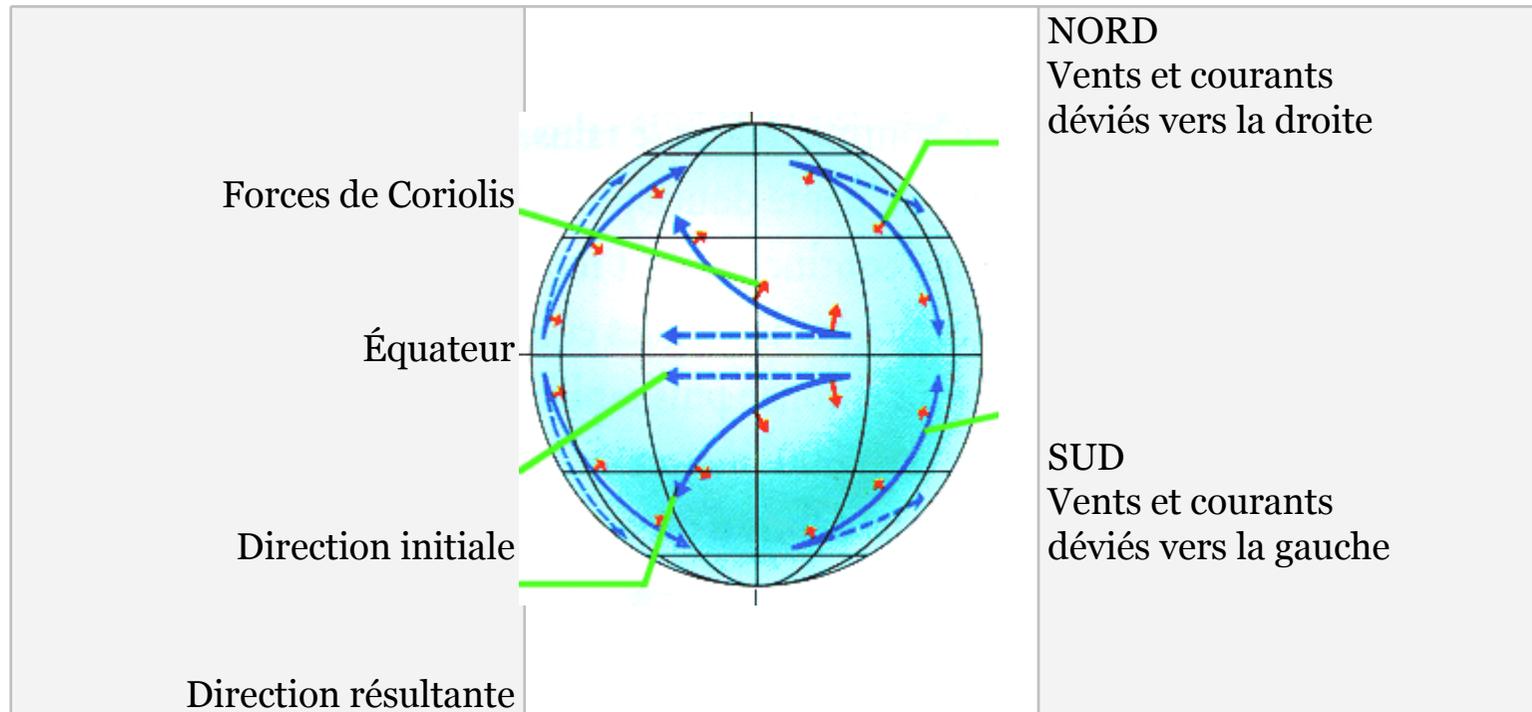
# Force de Coriolis



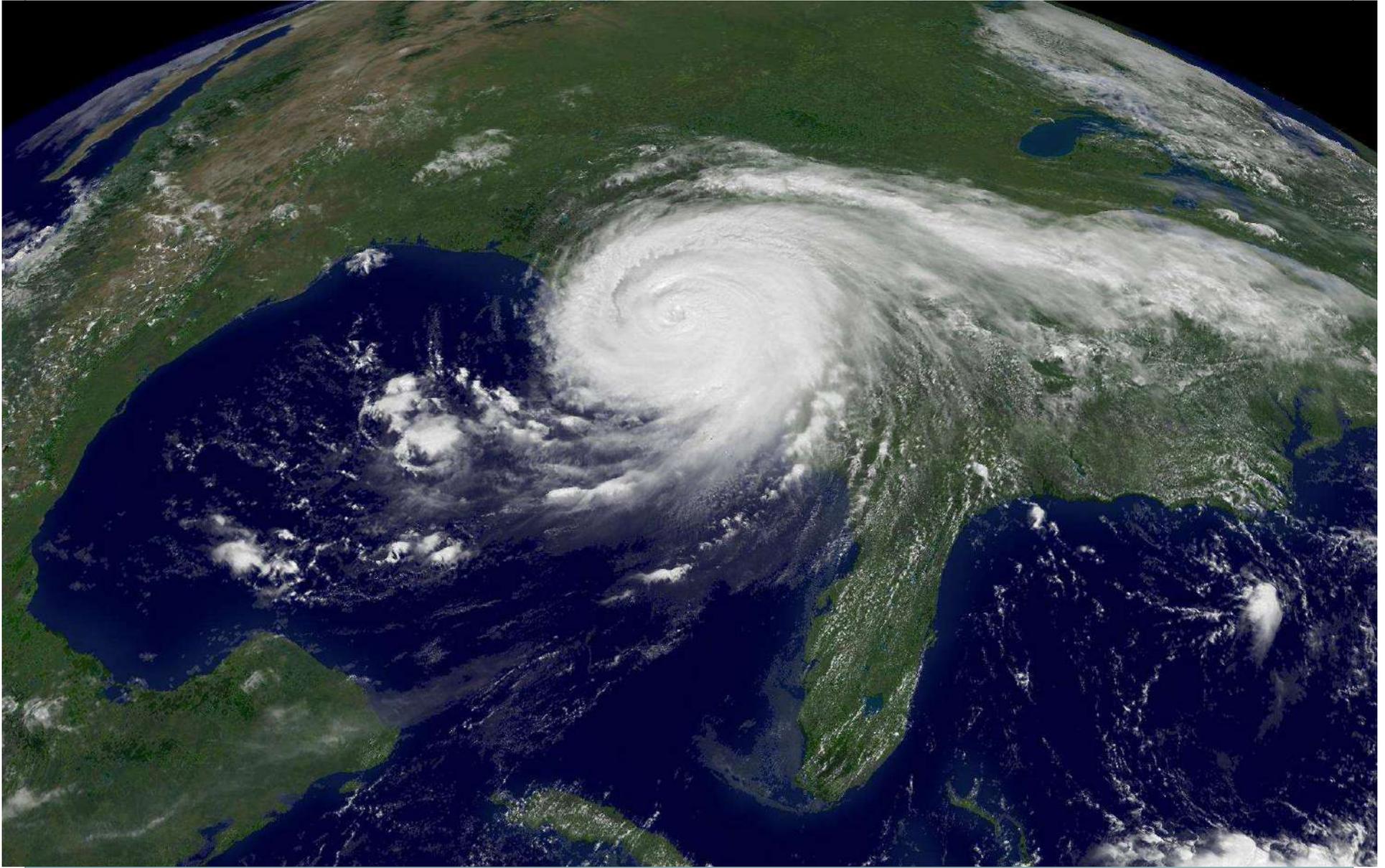
- $F = -m\Omega.Vr$ 
  - $m$  = masse
  - $Vr$  = vitesse
- Dévie vers la droite dans l'hémisphère nord
- Dévie vers la gauche dans l'hémisphère sud
- Nulle à l'équateur
- Max. vers les pôles

## Illustration

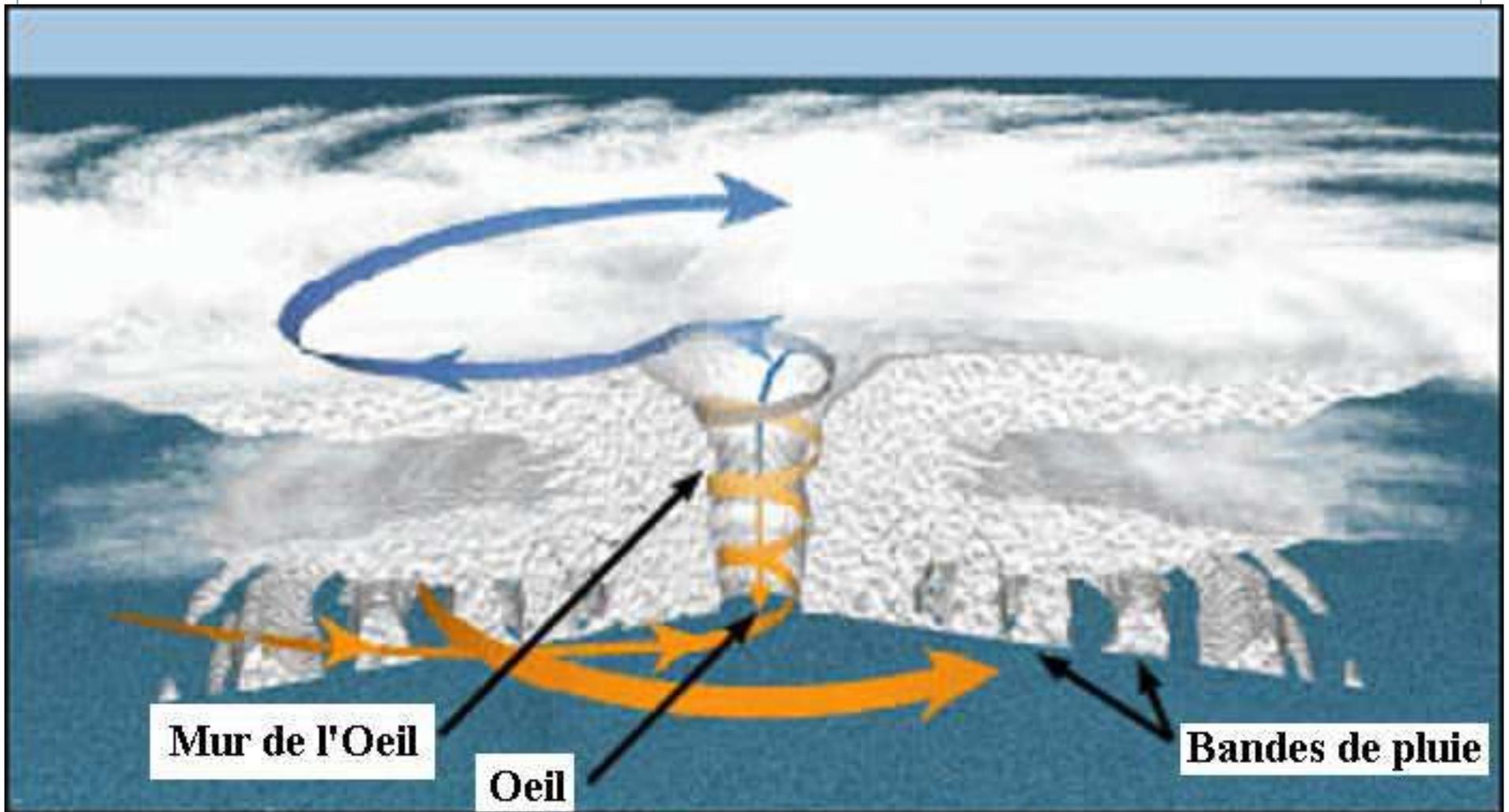
# Force de Coriolis



# Ouragan Katrina



# Ouragan



## La circulation de surface



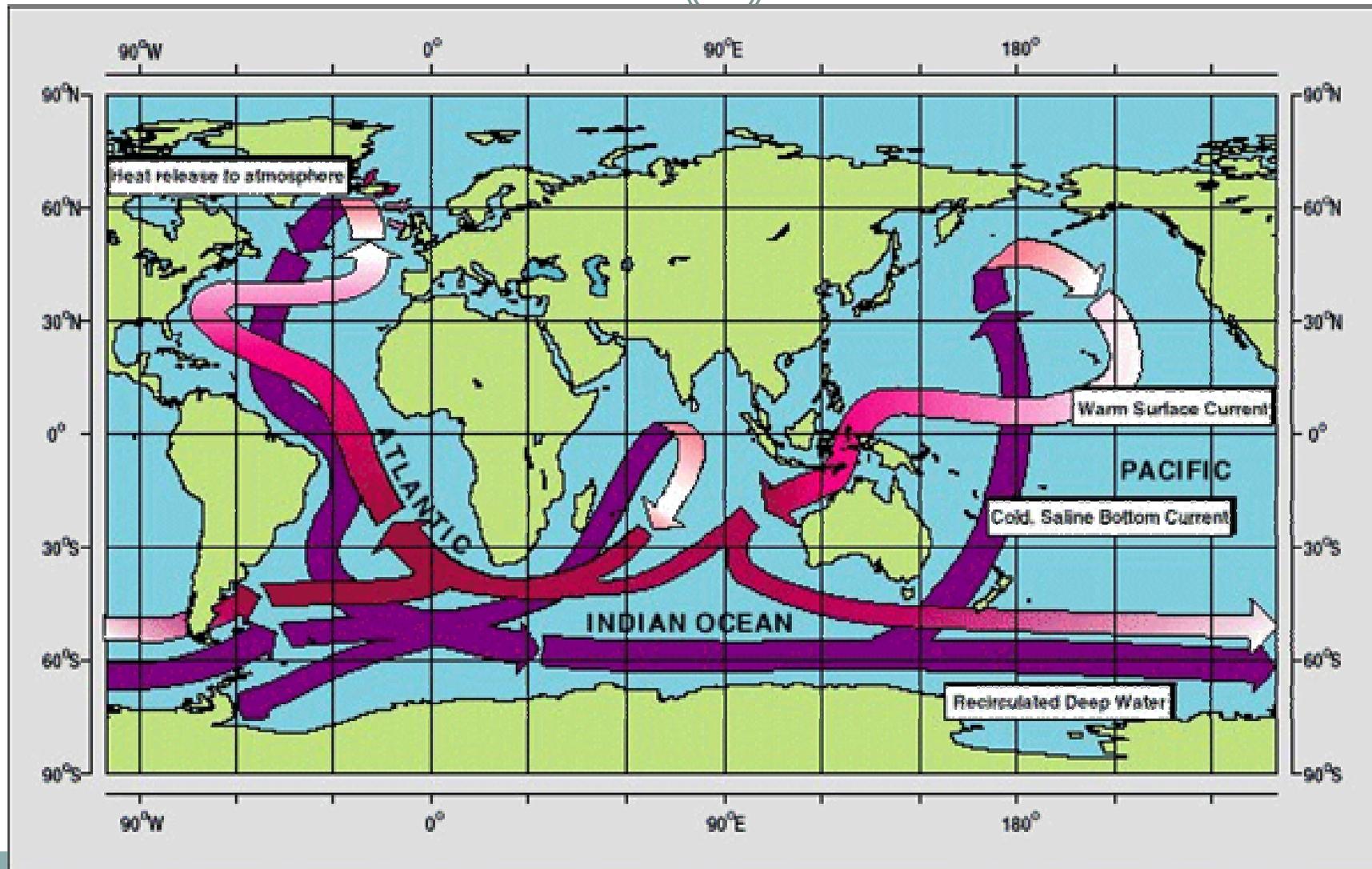
- L'ensoleillement inégal de la surface du sol et des océans est à l'origine des vents.
- Ceux-ci vont provoquer,
  - les vagues,
  - transmettre une énergie cinétique qui est à l'origine des courants de surface, représentés par les alizées.

## La circulation thermohaline

- Circulation permanente due à des écarts de température et de salinité des masses d'eau,
- Profondeur jusqu'à 3000m
- Les eaux sont stratifiées
- Un impact aujourd'hui mal mesuré sur le climat.
- Circulation très lente 1mm/s, et transporte  $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$

# LA CIRCULATION THERMOHALINE

Un élément clé pour comprendre la circulation océanique globale



D'après W. Broecker, modifié par Maier-Reimer

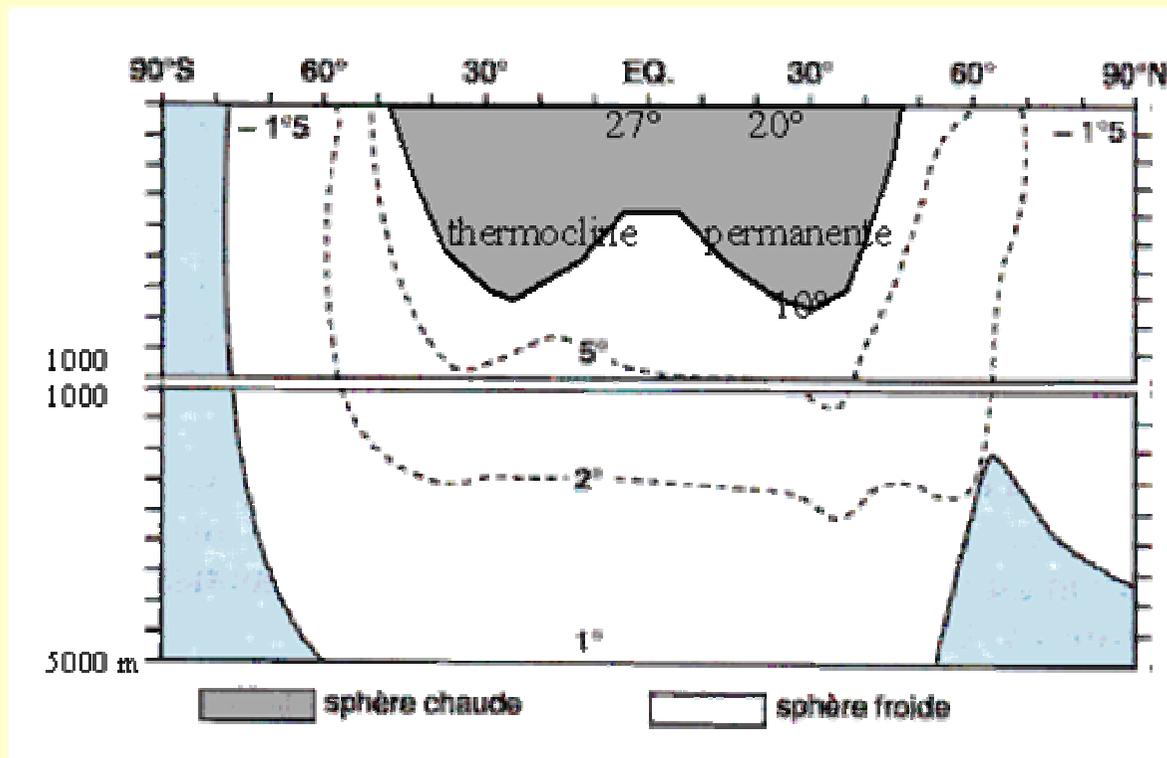
## Remarque



- La thermocline :

Couche de transition entre les eaux de surface chaudes et les profondes froides (200 à 800m). Zone de changement rapide de la température

## Distribution verticale de température



- Enfoncement thermocline dans boucle giratoire (sphère chaude)
- température moins variable dans sphère froide (circ. thermohaline)

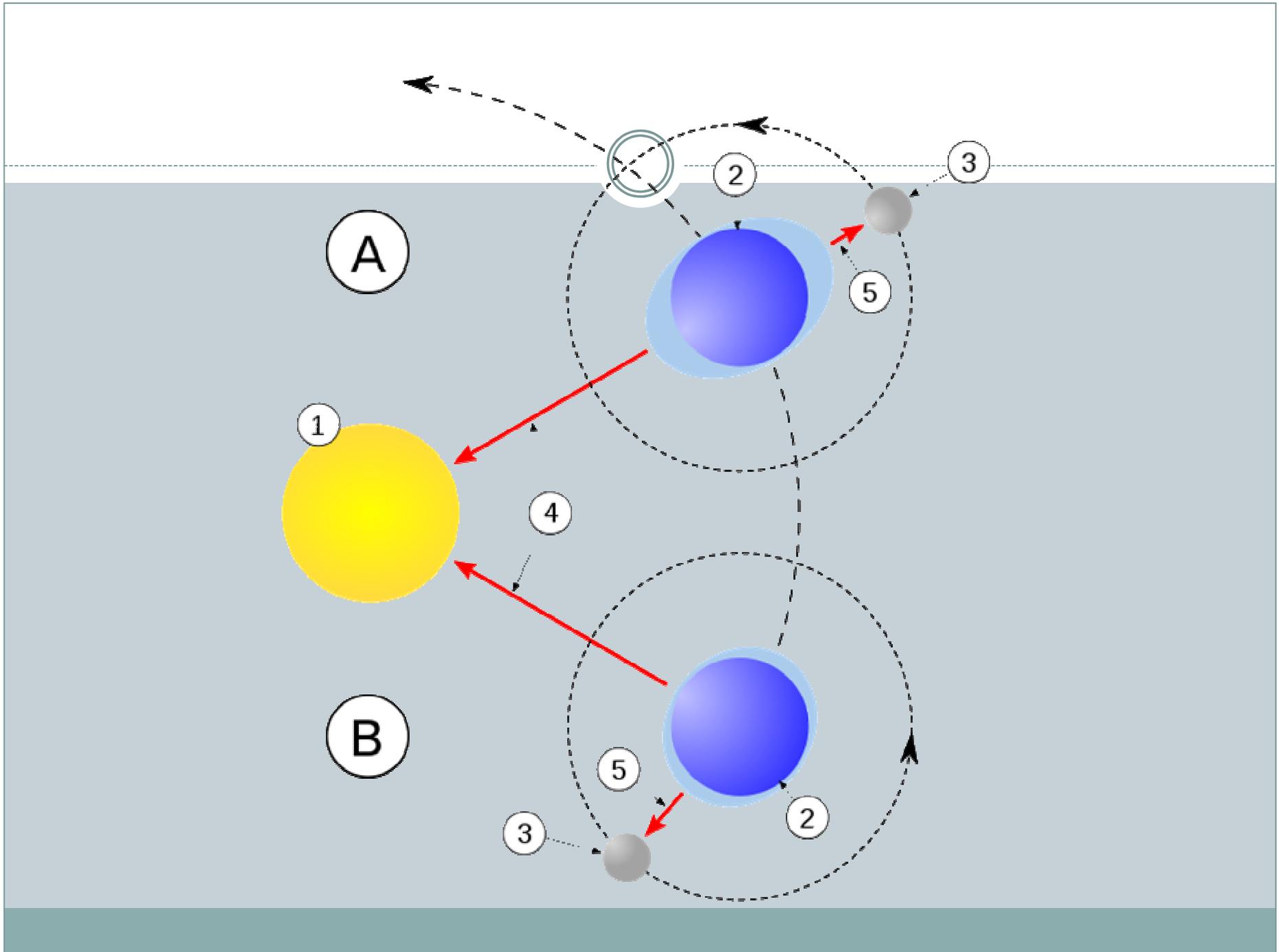
# Courants marins



## Les marées



- **Marée haute = Flot**
- **Marée basse = Jusant**

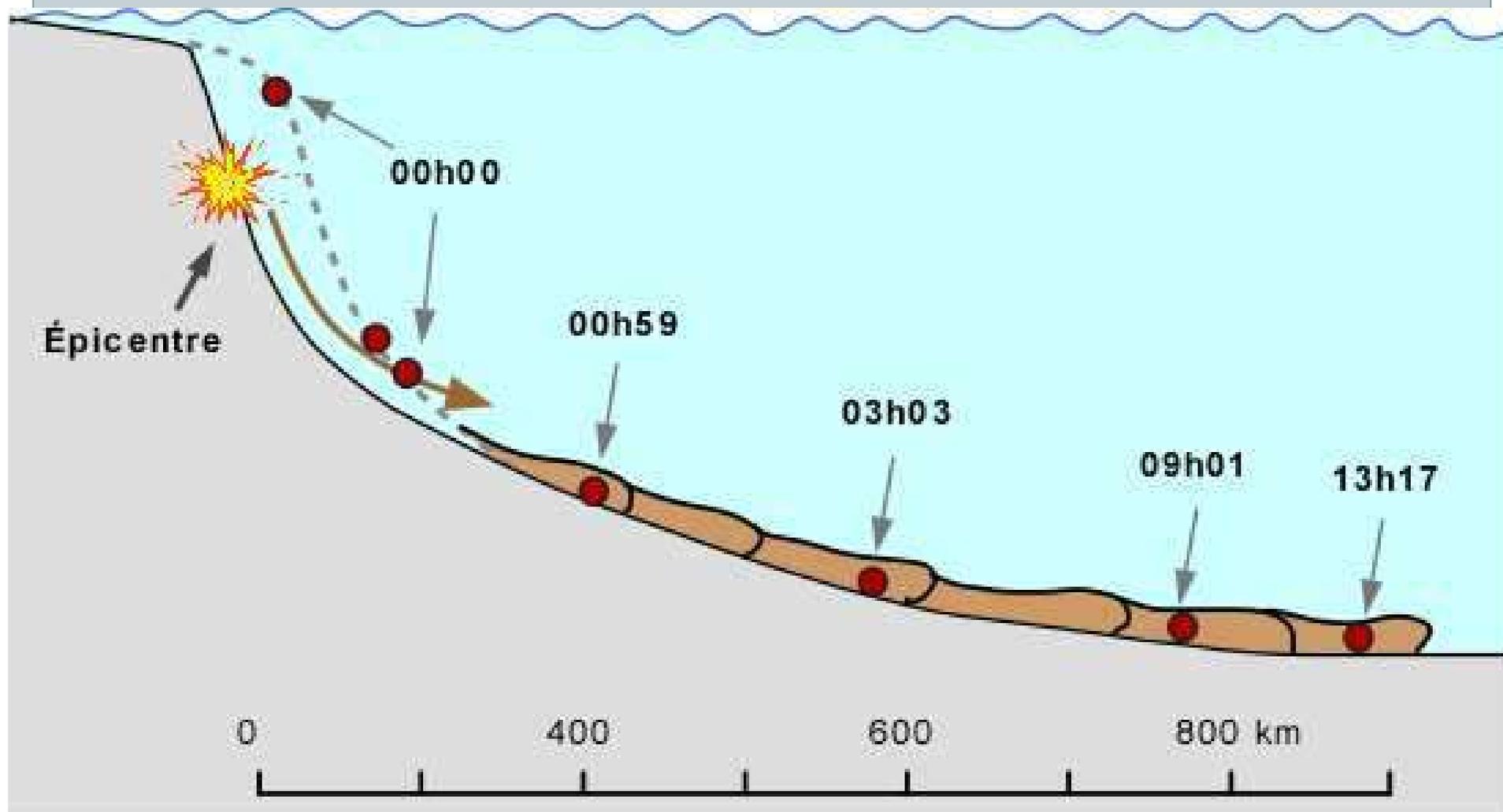


## Courant de turbidité



- Courant crée par des glissements de sédiments
  - sur une pente marine sous l'effet
    - ✦ de leur poids
    - ✦ de la pente

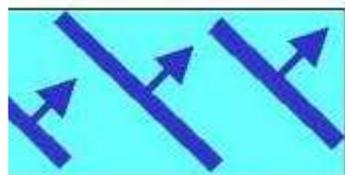
# 18 Novembre 1929 terre neuve (Canada)



# Dérive littorale



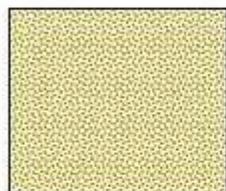
- Courant créé par une houle sécante par rapport au littoral
- Responsable du déplacement de masses importantes de matériaux meubles (en particulier des sables) le long du littoral.
- Cette dérive est généralement dirigée N-S



**Mer, avec sa  
houle et son sens  
de progression**



**Direction des  
vents dominants**



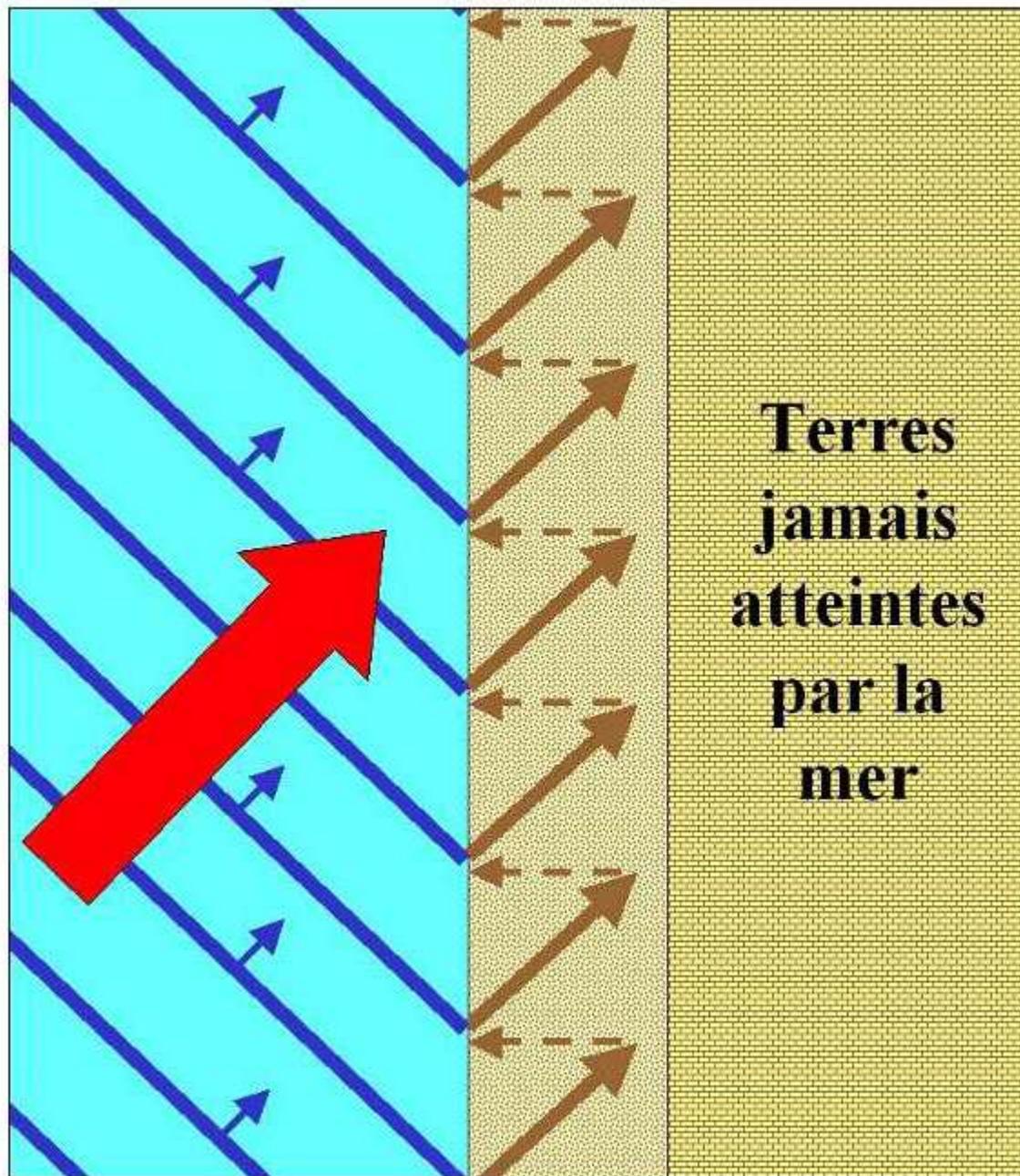
**Estran et plage**



**Avancée des  
galets et du sable  
poussés par la  
houle déferlante**



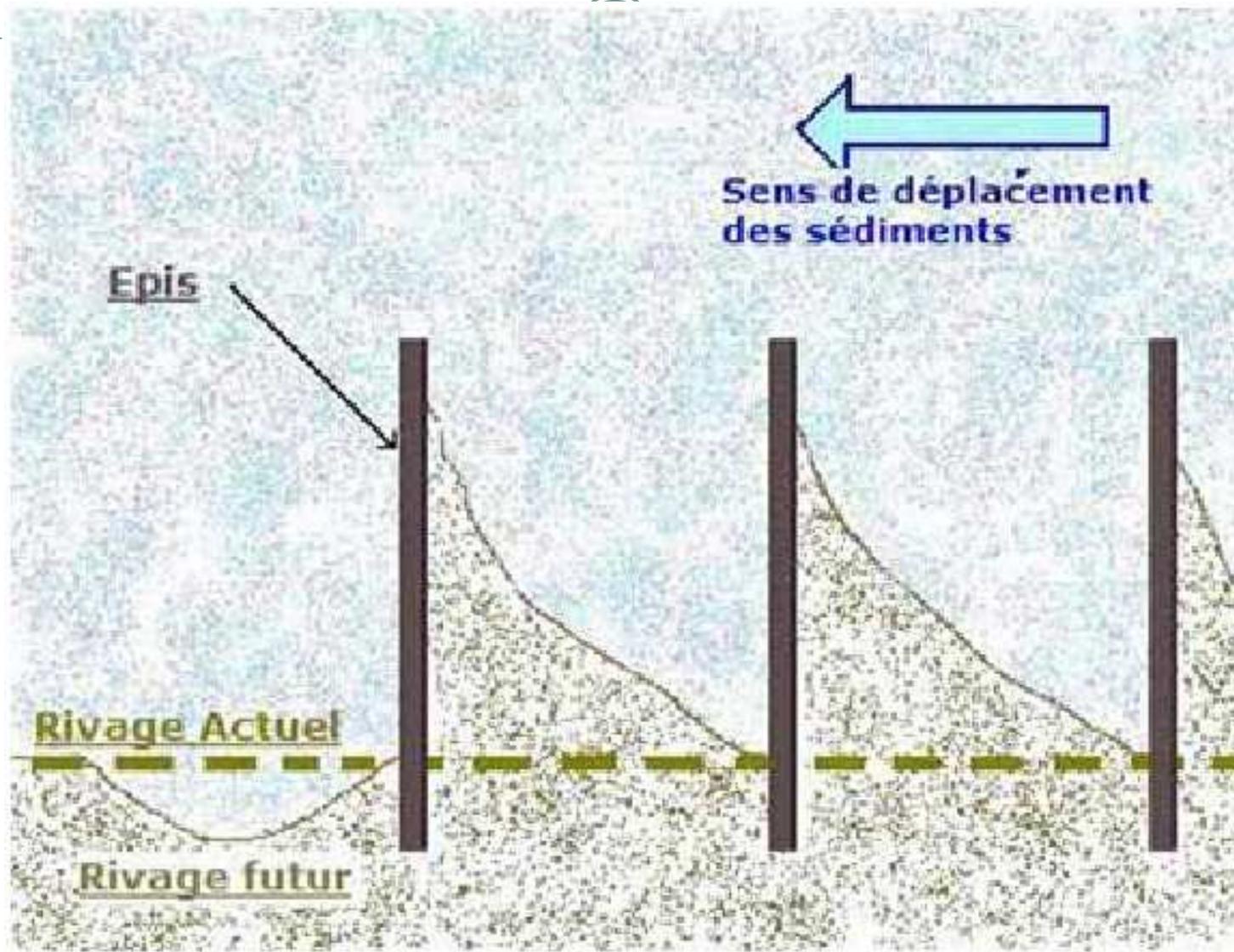
**Retour des galets  
et du sable quand  
la vague se retire  
(en suivant la  
ligne de plus  
grande pente)**



**Terres  
jamais  
atteintes  
par la  
mer**



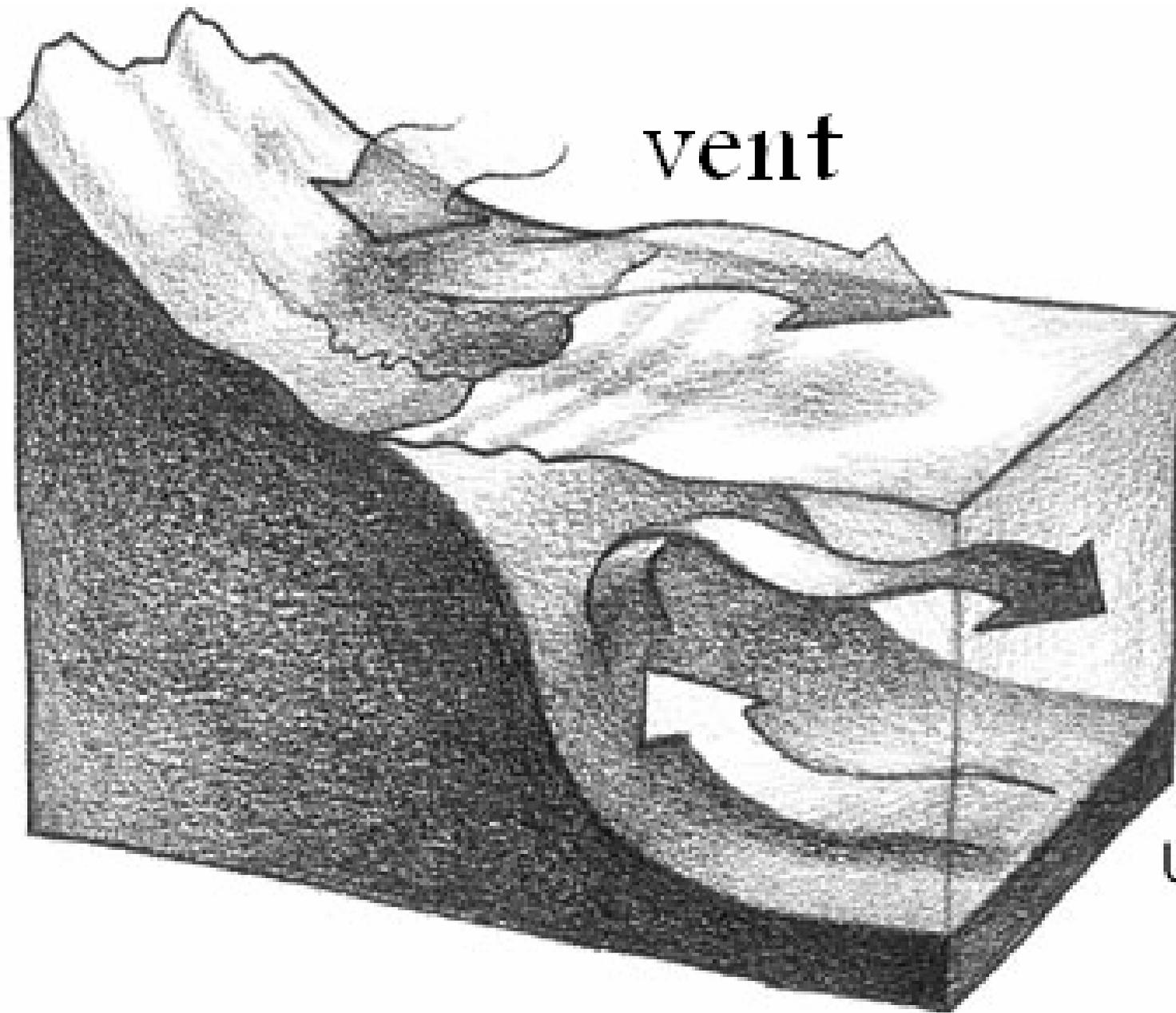
# Épis



# upwelling



- courant marin froid remontant vers la surface.
- Il est dû à des conditions météorologiques particulières, vent, pression atmosphérique, évaporation....



vent

eau  
riche en  
nutriments

Upwelling

## Conséquences

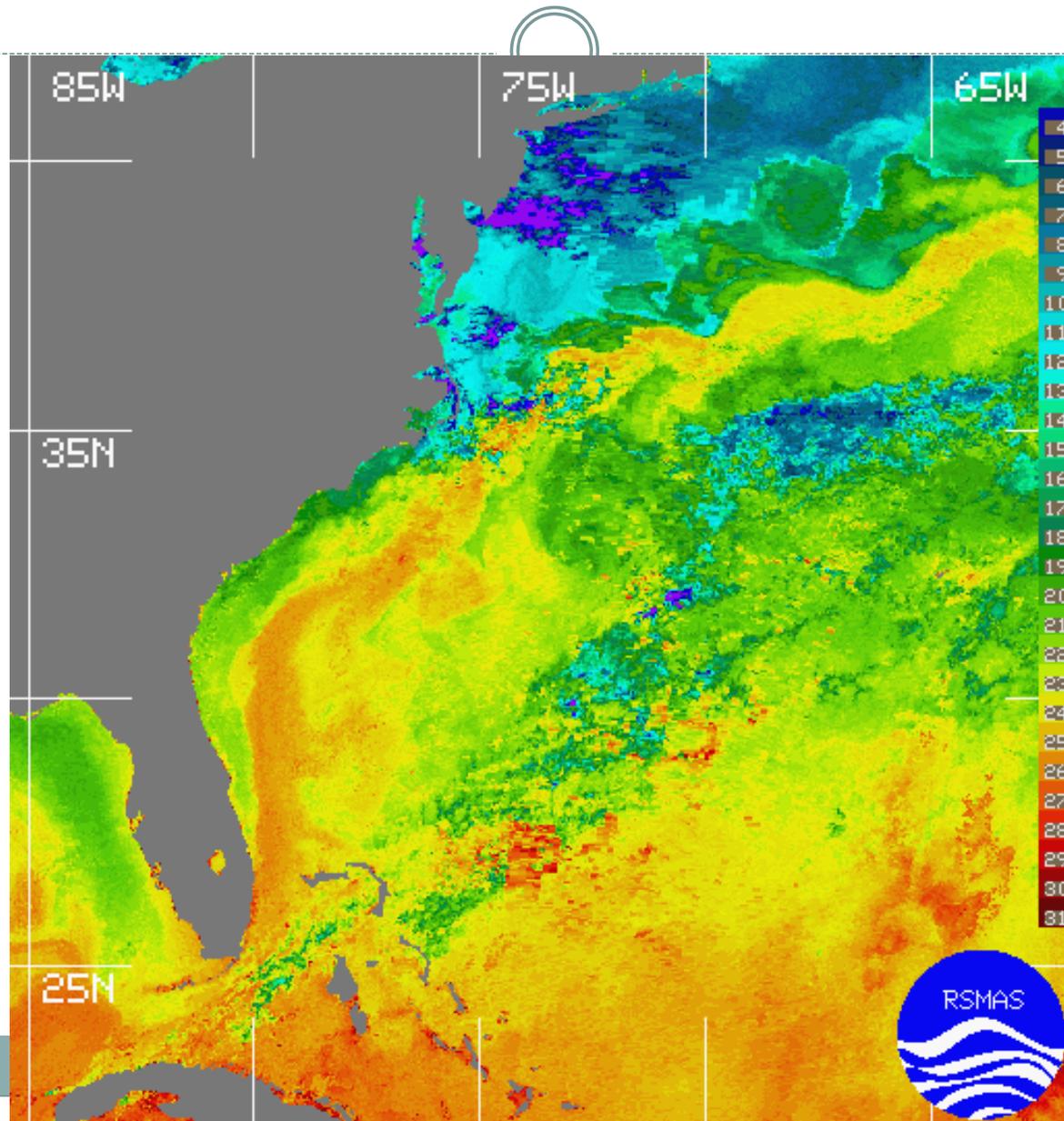


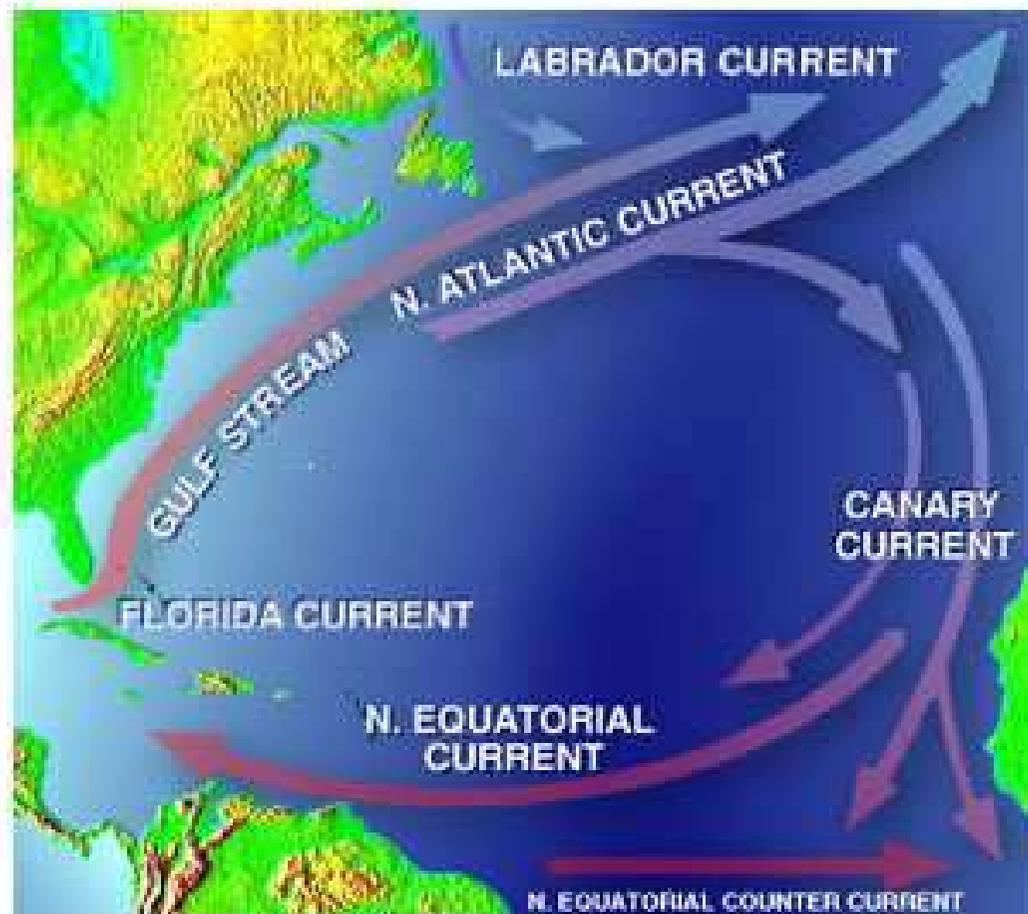
- Courant ascendant **froid** dû à un déficit en eau déplacée vers le large.
- Remontée de nutriments, alimentant ainsi la chaîne alimentaire.

## Le Gulf Stream

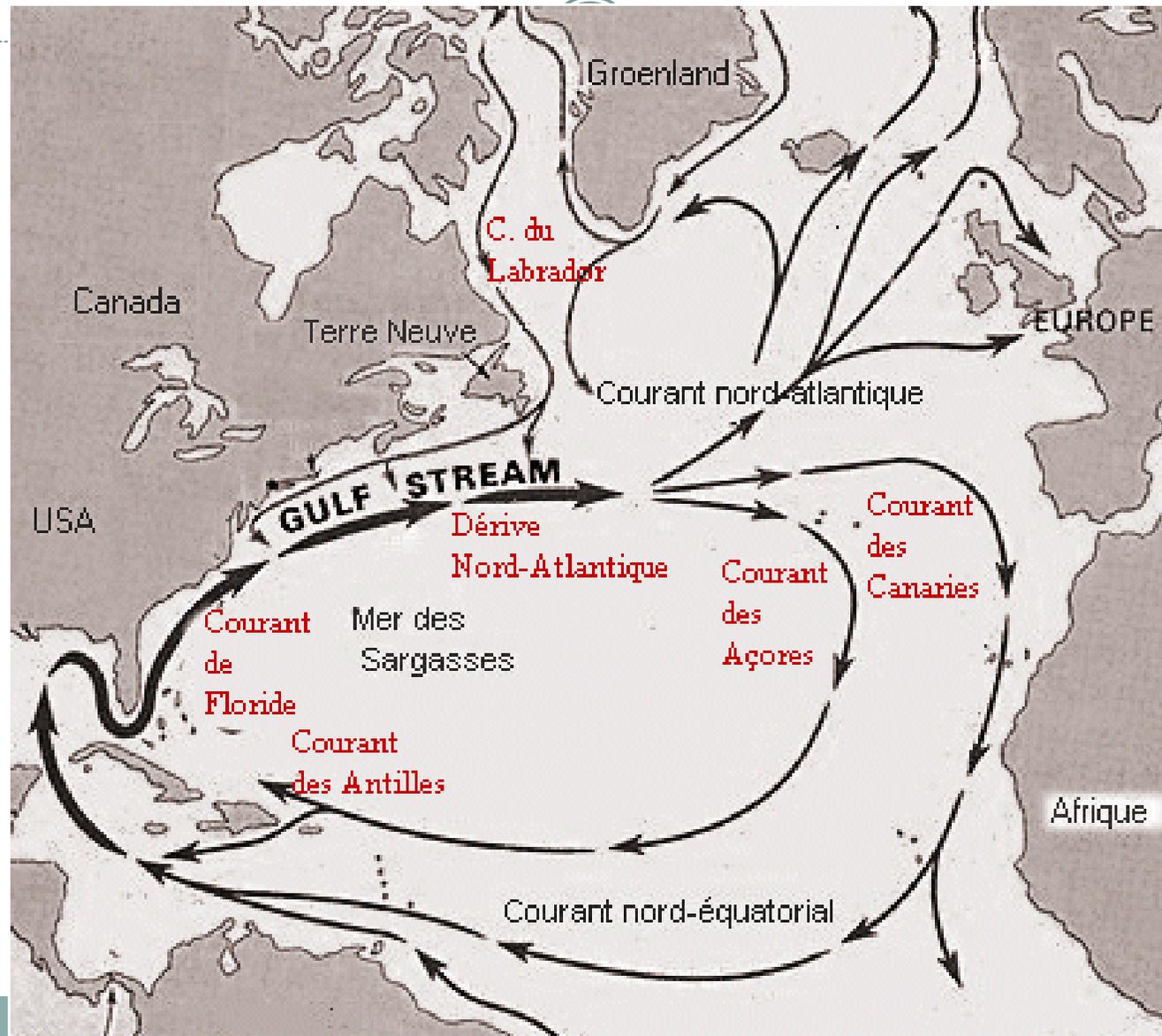
- prend naissance dans le Golf du Mexique, il est constitué de la fusion du courant de Floride, du courant de Cuba et du courant nord équatorial.
- Température de 24°C à 28°C.
- C'est un véritable fleuve, de 80 à 150 km de large,
- 800 à 1200 m de profondeur,
- Vitesse de 2,5 m/s (9 km/h), et dont les bords sont visibles à l'œil nu.

# Gulf Stream





# Gulf Stream



# 6- Quelques phénomènes climatiques





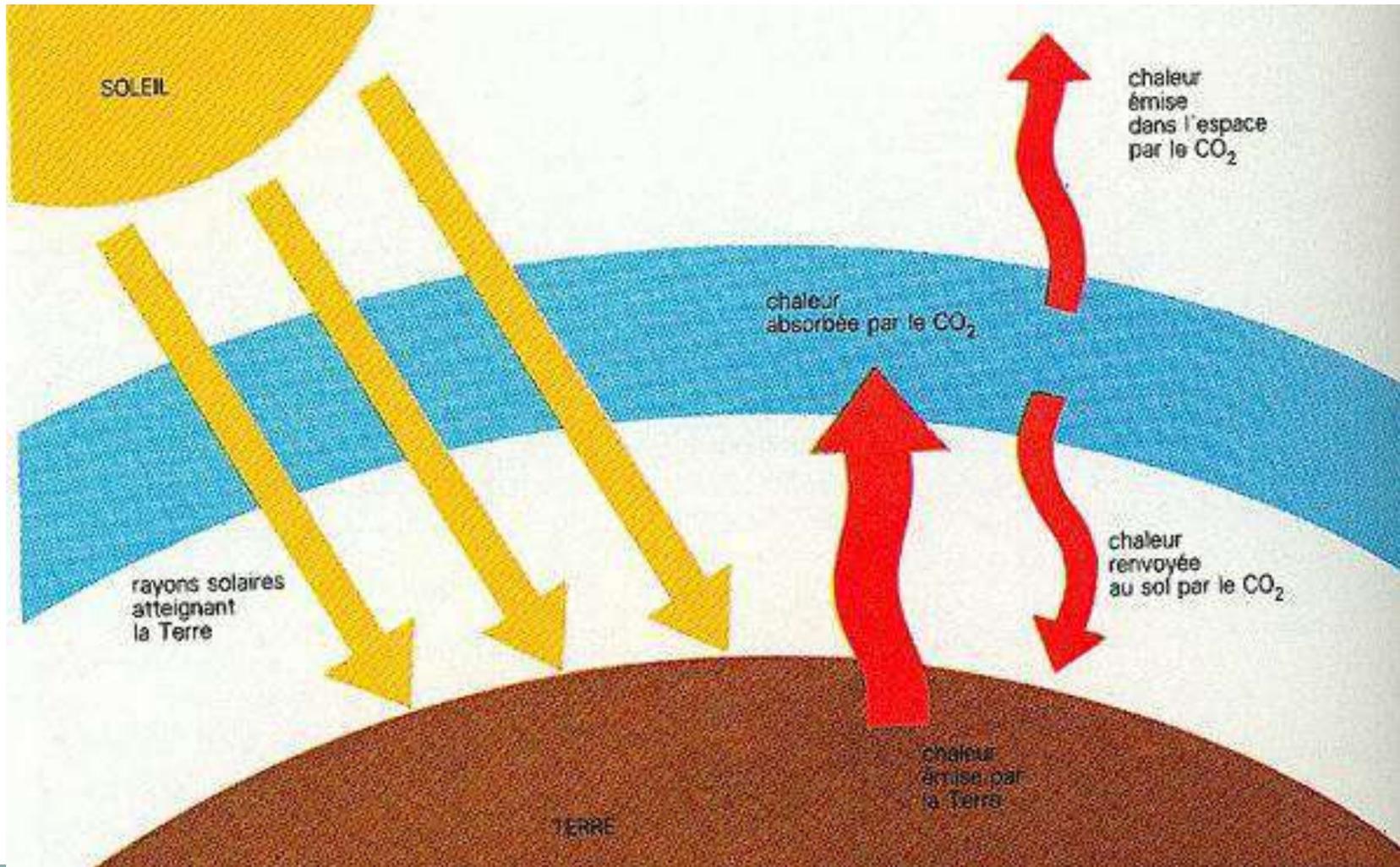
## **EFFET DE SERRE**

# Données

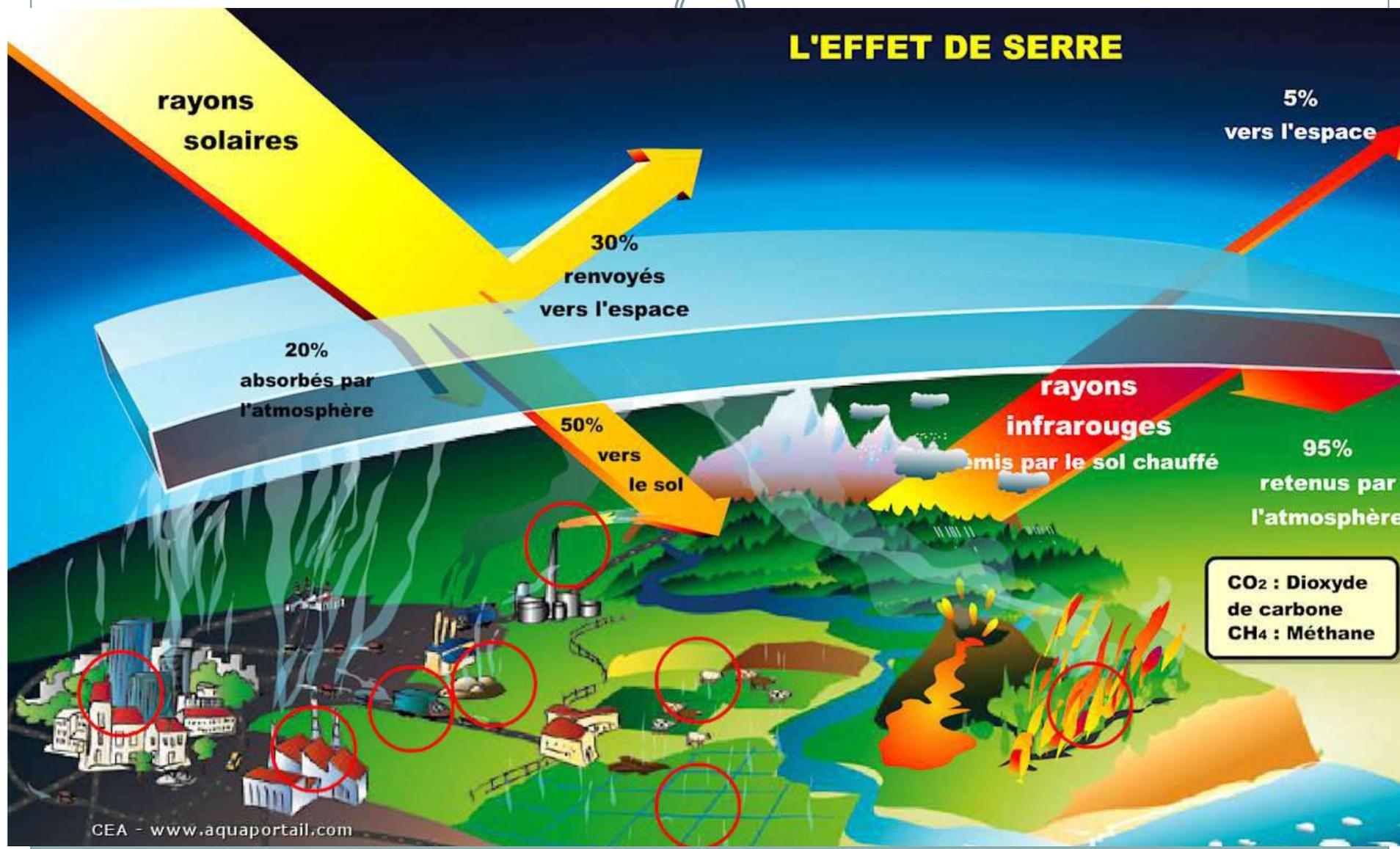


- Température théorique moyenne de la terre  $- 18^{\circ}$
- Température réelle moyenne de la terre  $+ 15^{\circ}$
- Effet de serre :
  - Processus naturel ayant comme conséquence le réchauffement de la planète.

# Effet de serre



# Effet de serre



## Gaz à effet de serre



- Vapeur d'eau ( $H_2O$ )
- Dioxyde de carbone ( $CO_2$ )
- Méthane ( $CH_4$ )
- Protoxyde d'azote ( $N_2O$ )
- L'Ozone ( $O_3$ )
- Les gaz fluorés (CFC)

# El Niño



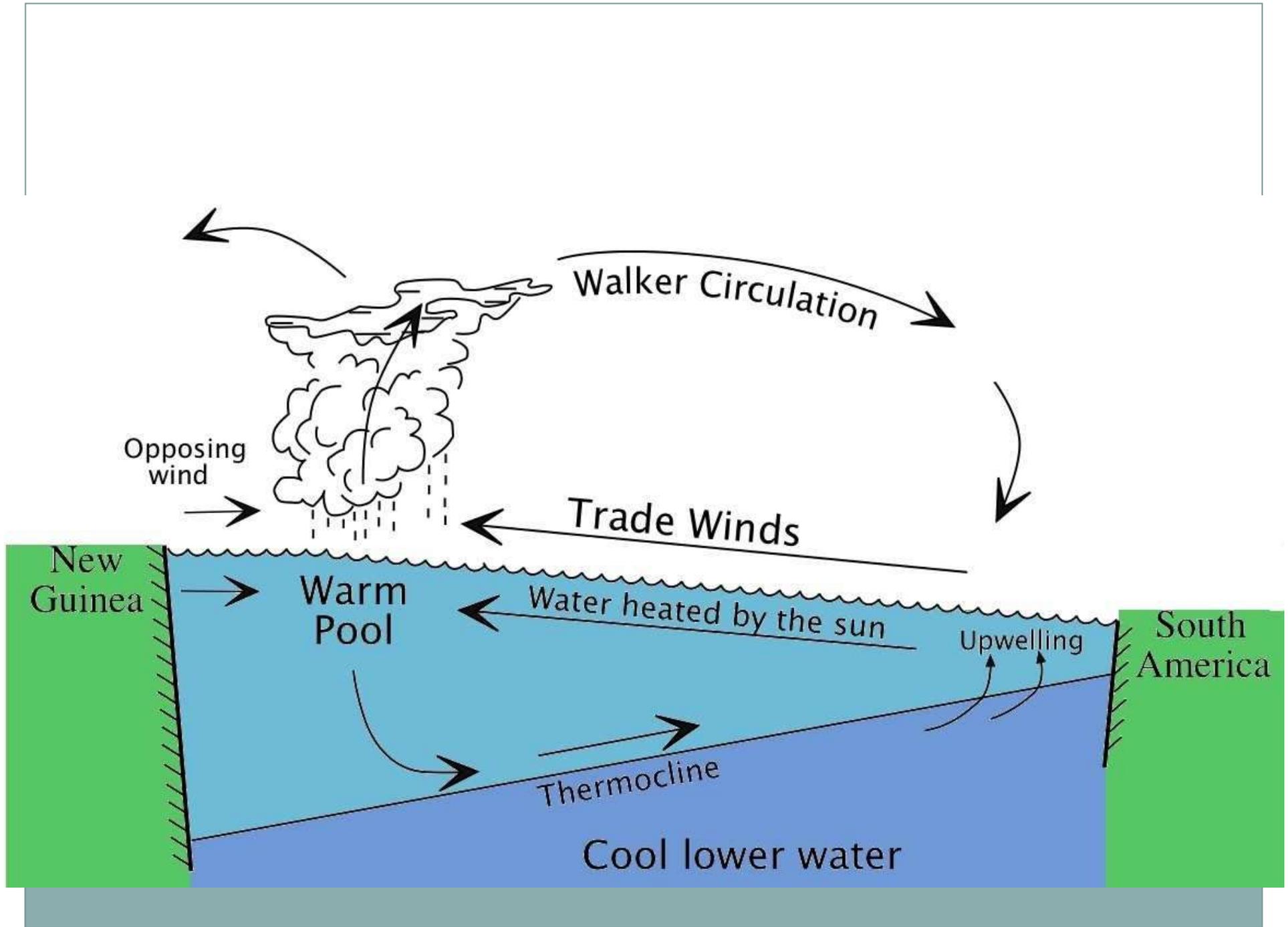
- Apparaît au mois de Décembre sur les côtes péruviennes,
- caractérisé par une augmentation anormale de la température des eaux de surface
- Raréfaction des poissons
- Pluies rares du coté de l'Indonésie et Australie

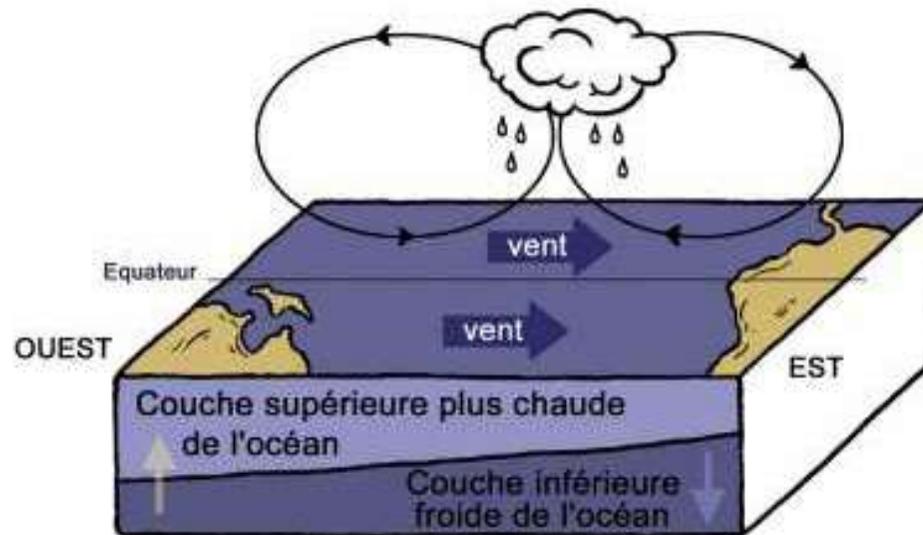
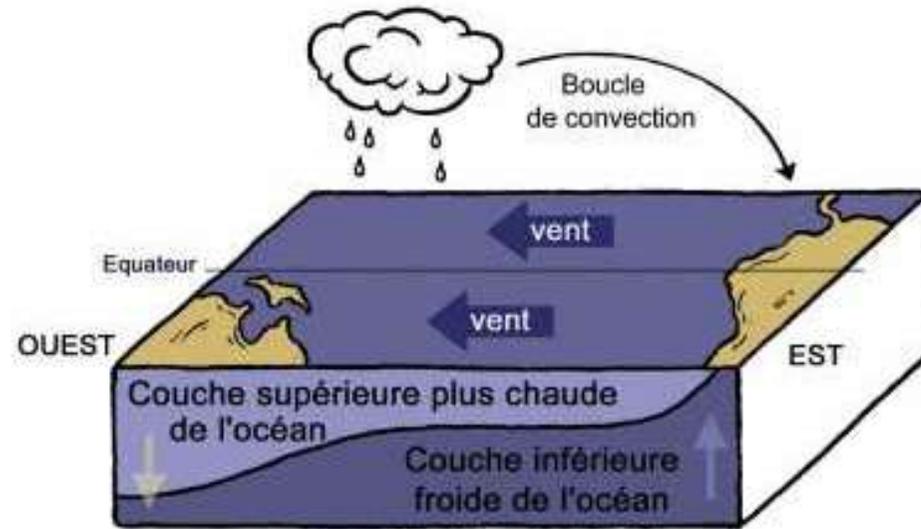


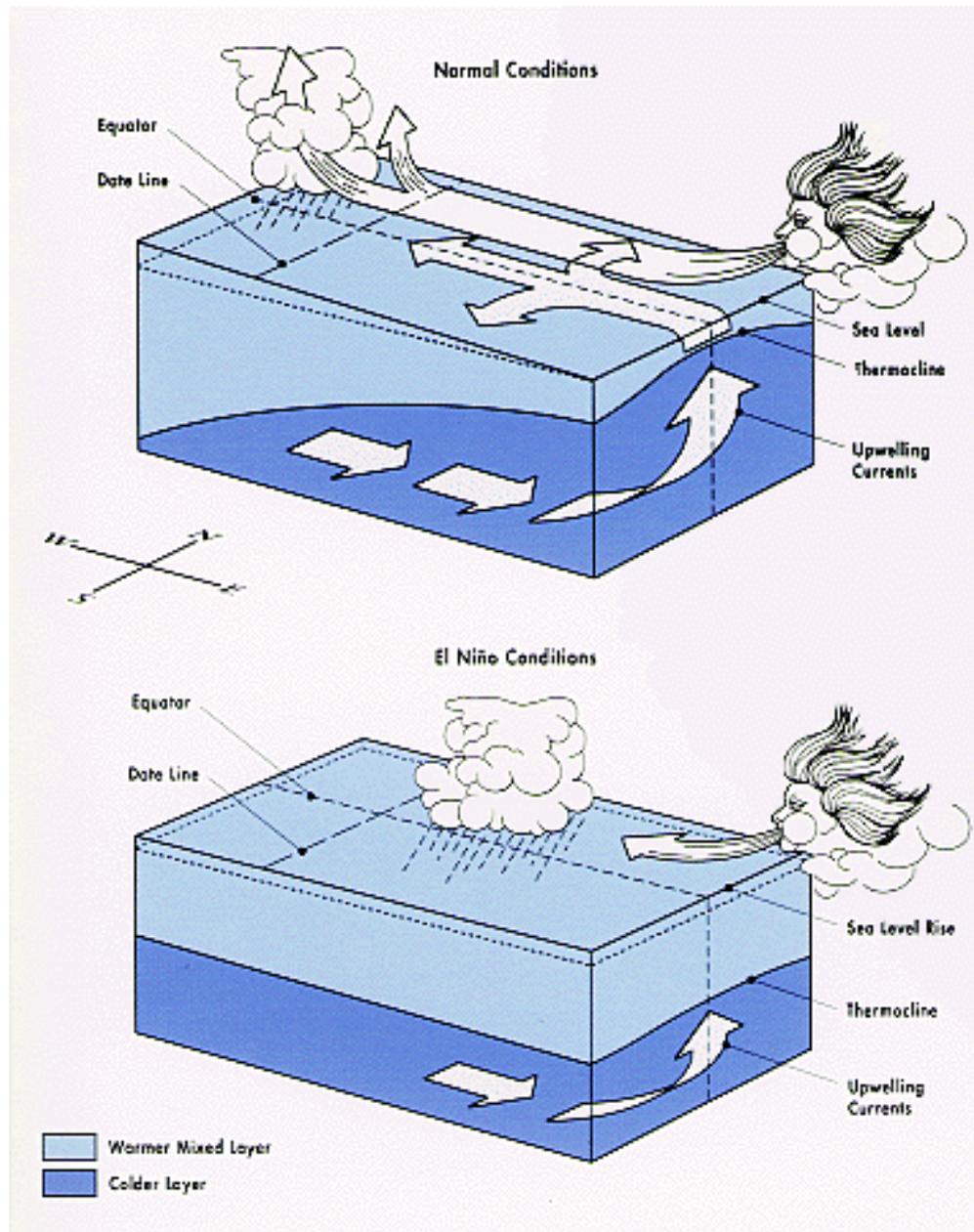
**Proportion in total population**  
 Percentage 1998 - 2000



FAO-GIS (ESNP / SORNA)







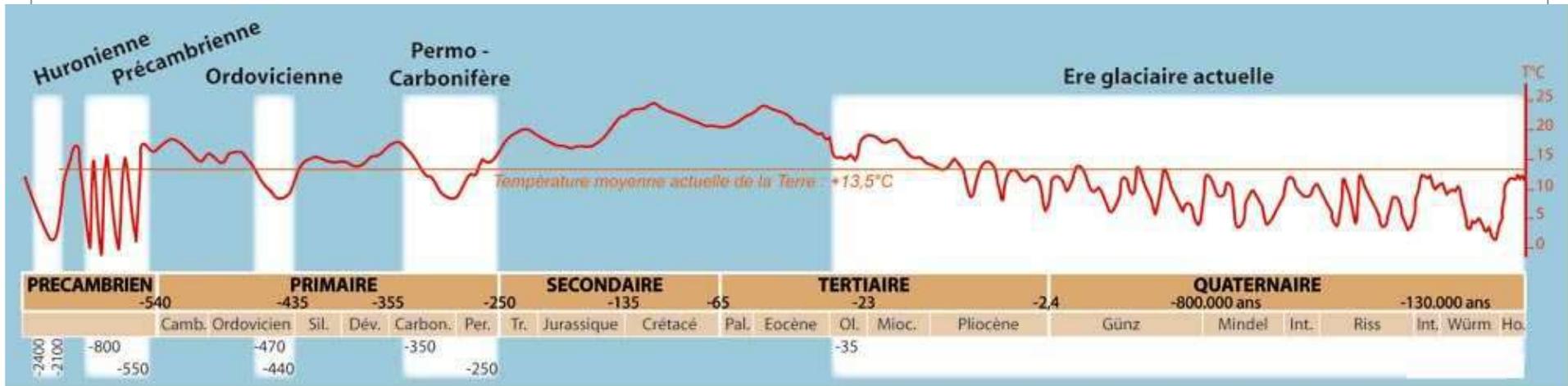
# II- les climats anciens



# A- Evolution climatique durant les temps géologiques



# Évolution climatique



# *1- les climats Précambriens*



- le paradoxe archéen
- les glaciations huroniennes

# Le paradoxe archéen



- A la formation de la terre, celle-ci recevait 75 % d'ensoleillement par rapport à l'actuel ; ce qui devrait donner une planète totalement recouverte de glace. Ce qui n'a pas été le cas.
- Le flux du soleil actuel est supérieur qu'au début de la formation de la terre
- Température théorique pour un albédo de 0,30 est de  $-18^{\circ}$
- température théorique de l'époque de  $-44^{\circ}$

# Le paradoxe archéen



- Explication :
- Dégazage de la croûte terrestre → quantité importante de CO<sup>2</sup>
- Vapeur d'eau très élevée
- Grande surface océanique

**Effet de serre**

# les glaciations huroniennes



- vers - 2,3 milliards d'années : coïncide avec l'expansion des stromalites
- fin du Précambrien : 3 glaciations
  - 940 Millions d'année
  - 770 Millions d'années
  - 615 millions d'années
- → obliquité du plan de l'Ecliptique

(570-250 millions d'années)



- Période chaude sauf l'Ordovicien avec une brève période glaciaire
- La forêt carbonifère (dépôts de charbon)
- le climat devient ensuite plus froid et plus sec annonçant la glaciation permienne

# *le Mésozoïque*



- Longue période chaude tous les continents sont soudés → Pangée
- Climat chaud et sec type continental
- La plus grave crise de la biosphère (90% des espèces disparaîtront)
- le niveau de la mer estimé 200 à 300m plus haut
- Fin du crétacé refroidissement bref.



DIPARITION DES  
DINOSAURES

# *Le Cénozoïque*



- Eocène : les températures sont encore élevées à la fin (vers 34 Ma),
- refroidissement sévère du climat.
- Ces variations ne sont pas identiques partout. Elles sont fonction, entre autres, des courants marins (fermeture de la Téthys et ouverture de l'Atlantique, le Pacifique et l'Océan indien)

## Les glaciations quaternaires



- le Gunz de 1,6 à 1,3 Ma BP
- le Mindel de 0,9 à 0,7 Ma BP
- Le Riss de 0,55 à 0,4 Ma BP
- Le Würm 0,1 à 0,01 Ma BP

## Remarque



- Au Maroc et d'une façon générale en Afrique du Nord et dans les régions intertropicales, il y a très peu de trace de vraies périodes glaciaires et de ce fait on utilise la terminologie de pluvial et d'interpluvial

- En paléoclimatologie, on nomme pluviale une période de précipitations abondantes et violentes, suivies de périodes plus sèches, dites interpluviales. Ces alternances de climat ont produit leurs effets, au cours du Quaternaire, dans la zone intertropicale.

## B- Les archives de la terre

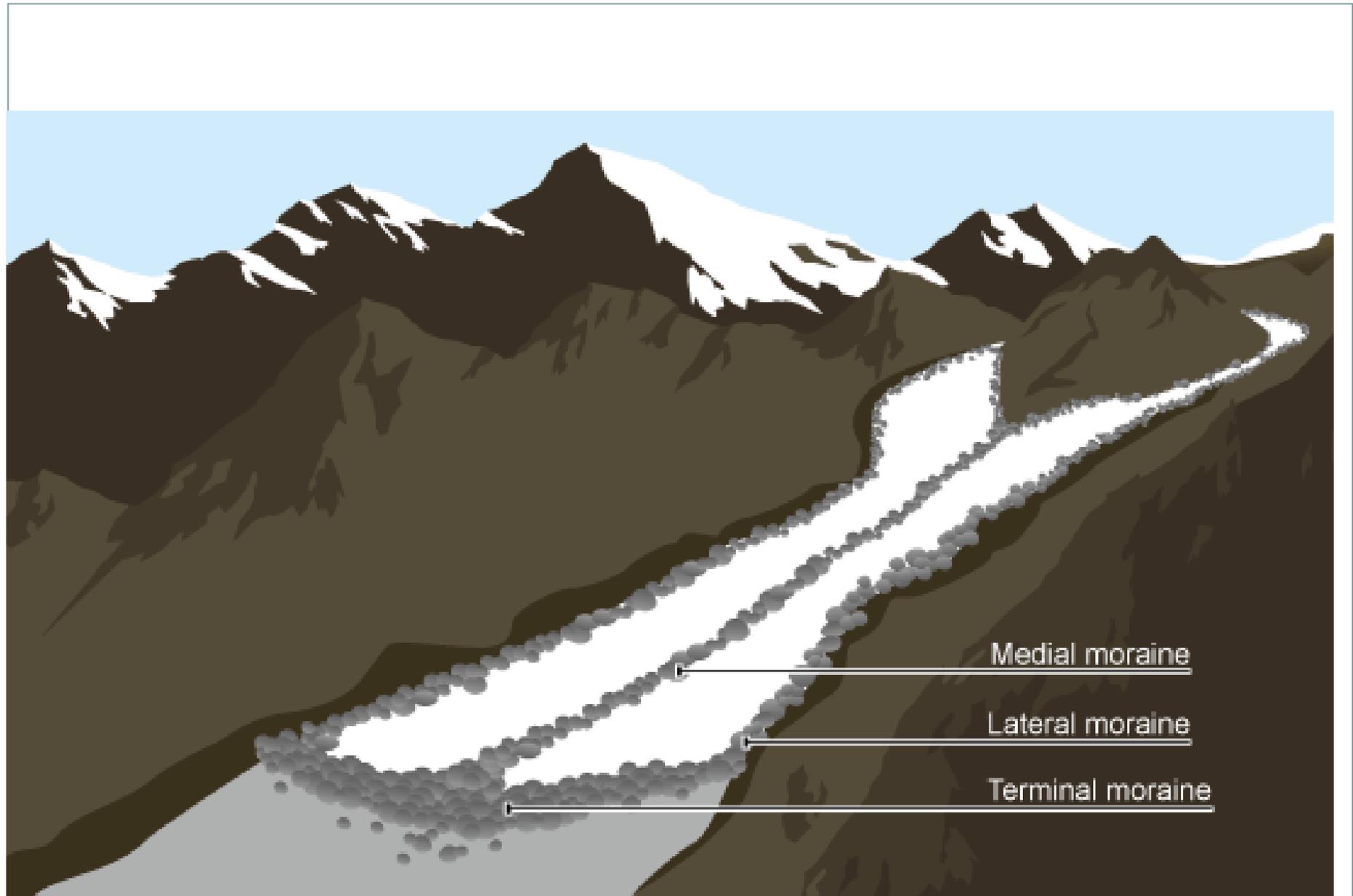


- 1- les archives continentales
- 2- les archives glaciaires
- 3- les archives marines
- 4- Les isotopes stables

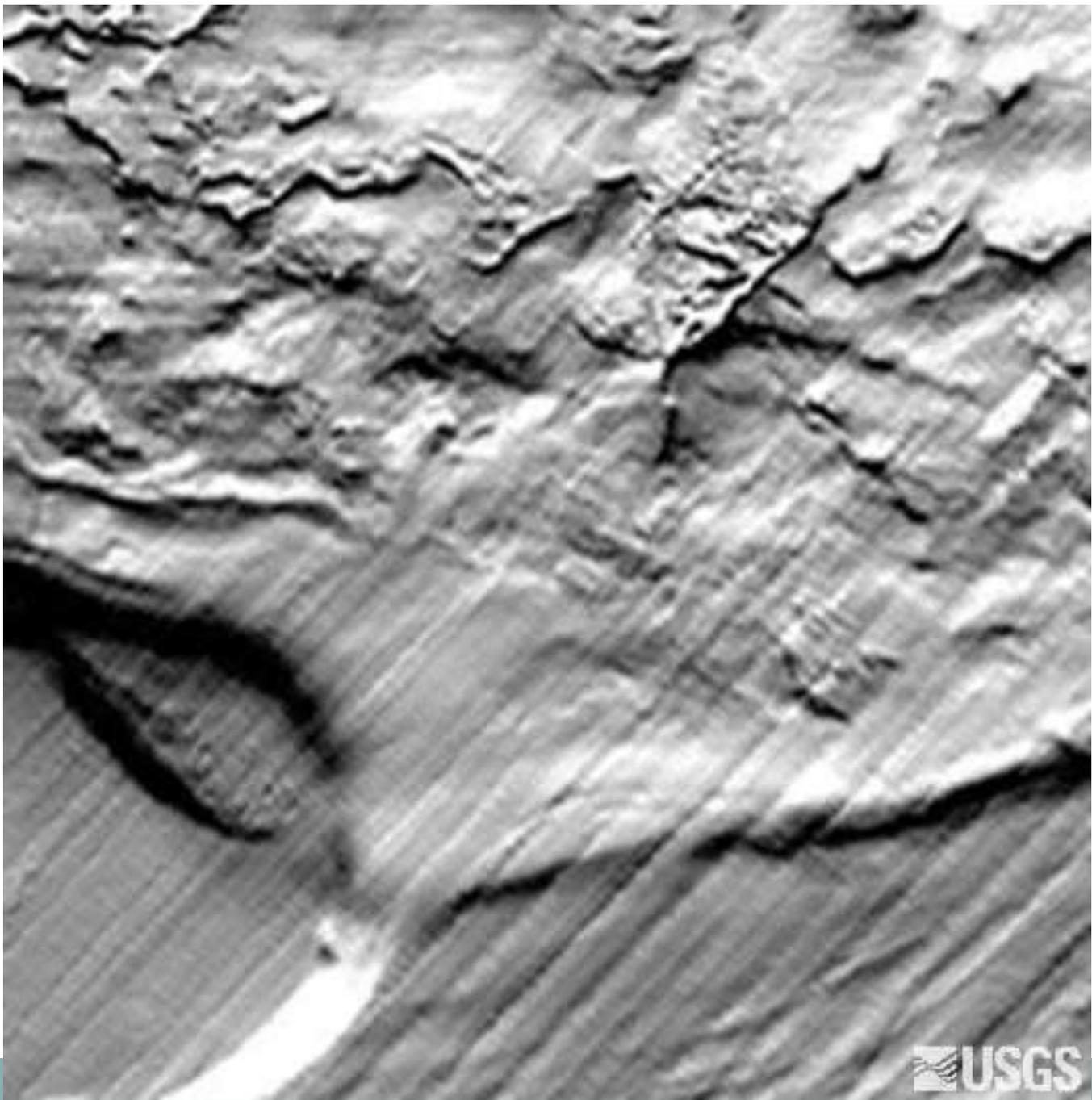
# 1- les archives continentales

a- les empreintes et les matériaux. Abandonnés par les masses glaciaires

- sillons et cannelures → sens d'écoulement
- moraines → plusieurs types de moraines (schéma d'un glacier) les moraines quand elles sont compactées → des Tillites.
- Remarque : Pb les moraines sont souvent difficiles à dater à cause de la rareté de la matière organique.

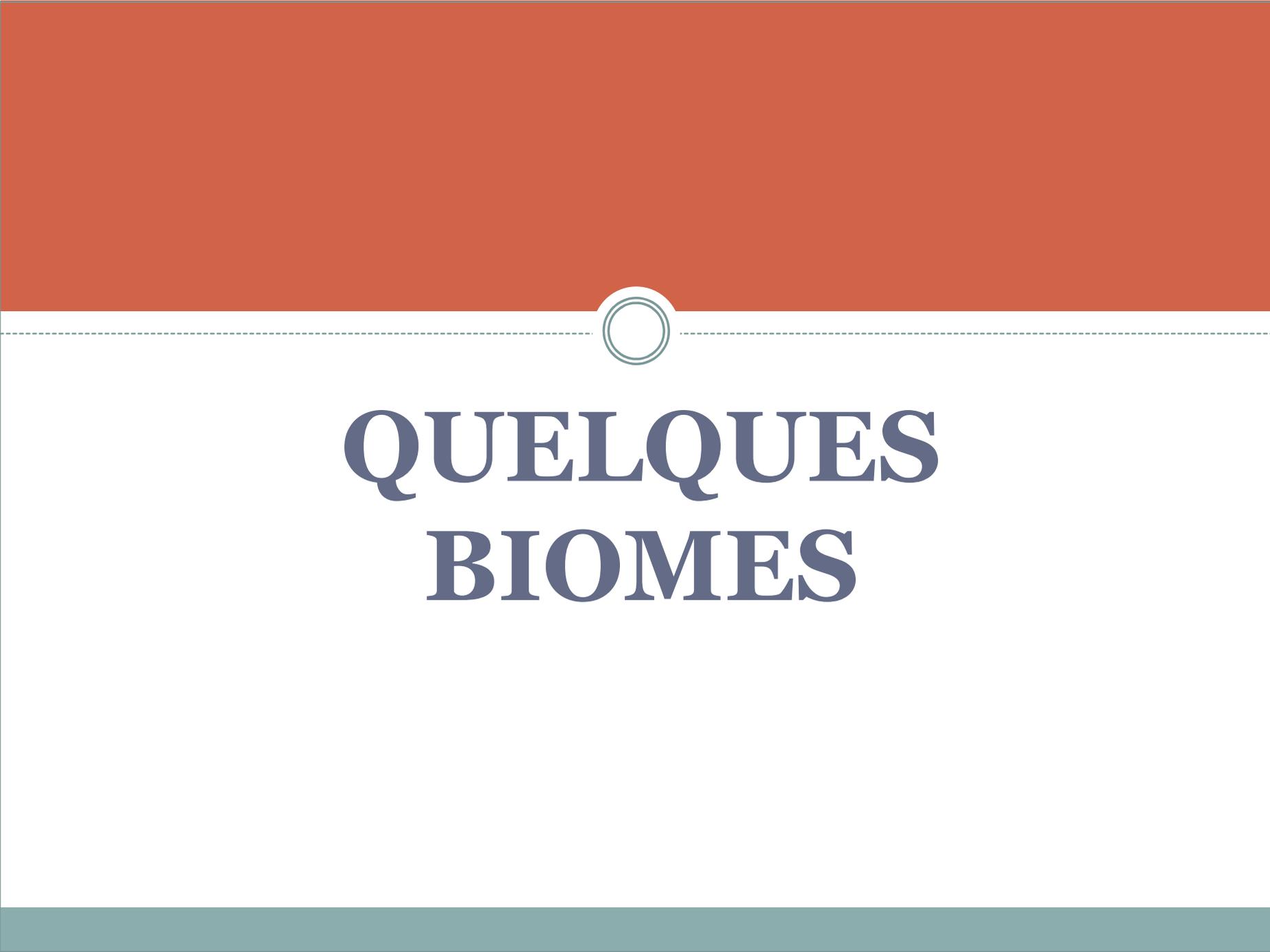






# 1- les archives continentales

- b- les biomes végétaux : les végétaux sont souvent liés aux conditions climatiques grâce à l'analyse des pollens qui sont des structures très résistantes à la dégradation.
- les arbres et surtout les chênes correspondent à des épisodes chauds.
- Les plantes herbacées indiquent plutôt des épisodes froids.



# QUELQUES BIOMES

# Toundra



- formation végétale circumpolaire (herbacée)



# Steppe



- Climat semi aride: végétaux ligneux, buissonnants, épineux







# Taïga



- Forêt boréale: composés de sapins et de conifères
- La région la plus septentrionale boisée



# Mangrove



- Écosystème marin se développant dans l'estran
- Végétaux ligneux à l'embouchure de certains fleuves



## 2- les archives glaciaires.



- Les 500 000 dernières années sont les mieux connues grâce aux archives glaciaires.
  - La formation des glaciers à partir de la neige est un assemblage de cristaux dont la taille dépend de la Pression.
  - à basse température (-30 à -40°) cette Pression est basse → de petits cristaux en forme de prisme
  - quand la température est plus élevée → des formes plates dendritiques ou en aiguilles

**La composition de l'air  
recueilli est un témoin fidèle  
de celle de l'atmosphère  
passée**

**LES CALOTTES GLACIAIRES  
RECUEILLENENT UNE PARTIE DES  
POUSSIÈRES ET DES AÉROSOLS  
CONTENUS DANS L'ATMOSPHERE,  
ET CONSTITUENT DONC UN  
INDICATEUR DES TEMPS PASSÉS**

## 2- les archives glaciaires



- **La composition de l'air recueilli est un témoin fidèle de celle de l'atmosphère passée**
- **Les calottes glaciaires recueillent une partie des poussières et des aérosols contenus dans l'atmosphère, et constituent donc un indicateur des temps passés.**

## 3- les archives marines



- Les sédiments océaniques fournissent des associations de microfossiles qui permettent de reconstruire les conditions climatiques d'une région.

## 3- les archives marines



- Comparer les pourcentages des différentes espèces microfossiles dans les sédiments de surface récents aux températures moyennes mensuelles actuelles et on note les températures moyennes mensuelles par rapport à l'abondance des différentes espèces

## 3- les archives marines



- Certaines roches sédimentaires sont liées à un climat chaud c'est le cas des évaporites ex : le Gypse.
- D'autres sont liées à un climat froid ex: les tillites.

### 3- les archives marines



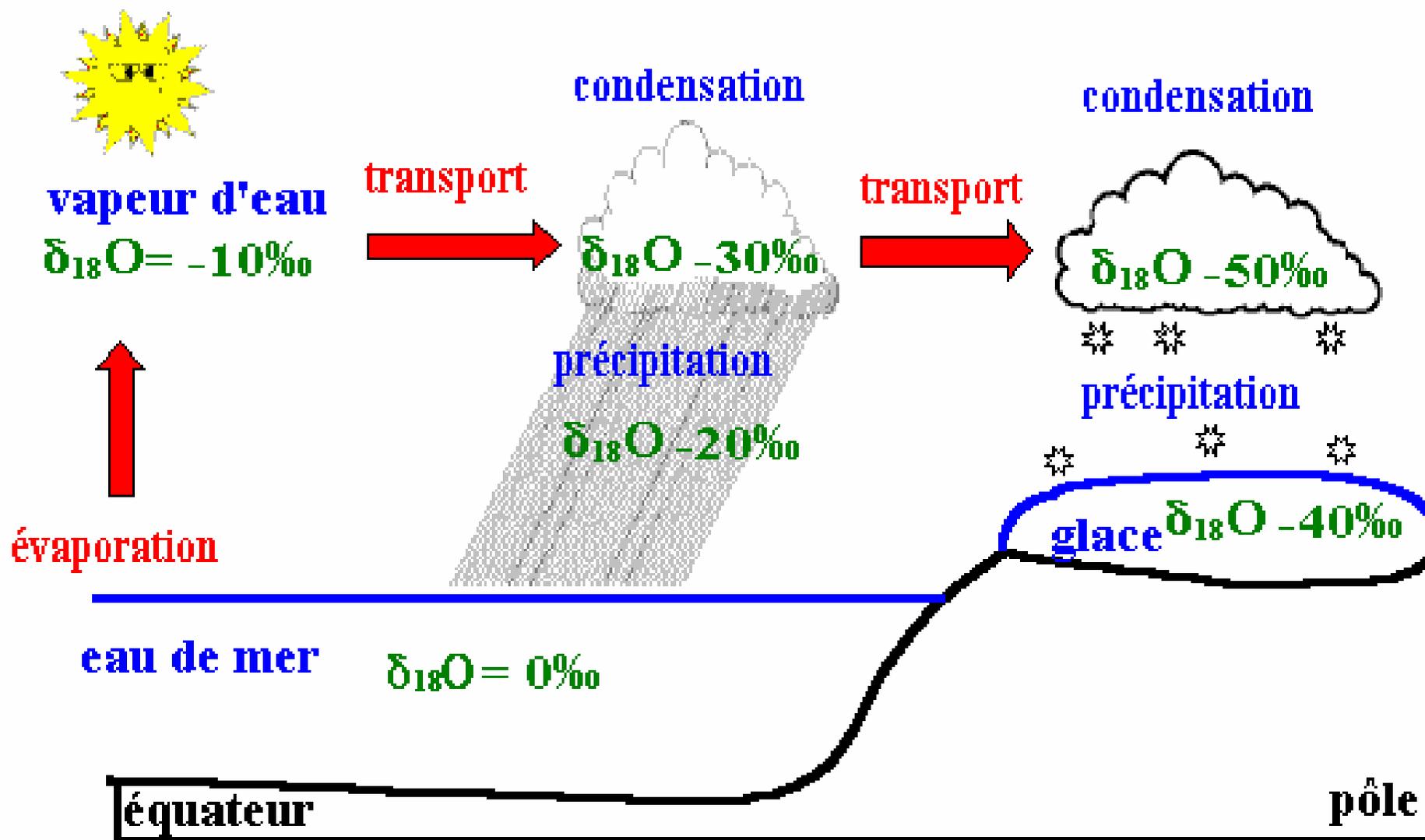
- Certaines espèces animales marines sont liées à des climats chauds  
ex: *Patella ferruginea*
- D'autres espèces sont liées à des climats froids ex: *Cyprina islandica*

## 4- Les isotopes stables.



- Certains isotopes ont la propriété de rester stables pendant le temps (H, O, C, N, S).

# Les isotopes stables



## 5- Crises biologiques

- C'est une extinction massive d'êtres vivants
- Elle touche:
  - Des taxons variés
  - Avoir des conséquences sur une grande échelle.
  - Avoir lieu sur une échelle géologique courte. (10 000 à 1 million d'années)
  - Deux grandes crises

# Crise créacé-tertiaire



- **Domaine marin:**
  - Disparition de 15% des familles, 45% des genres, 76% d'espèces
  - Disparition de 80% du plancton
  - Disparition ou forte diminution des ammonites, des bélemnites, des rudistes et des reptiles marins.
  - Seuls les animaux des grands fonds ne sont pas touchés



- **Domaine continental**
  - Pas de changement notable au niveau de la végétation
  - Tous les dinosaures et reptiles volants disparaissent
  - Les vertébrés sont touchés d'une façon inégale
  - Seuls les organismes d'eau douce sont épargnés

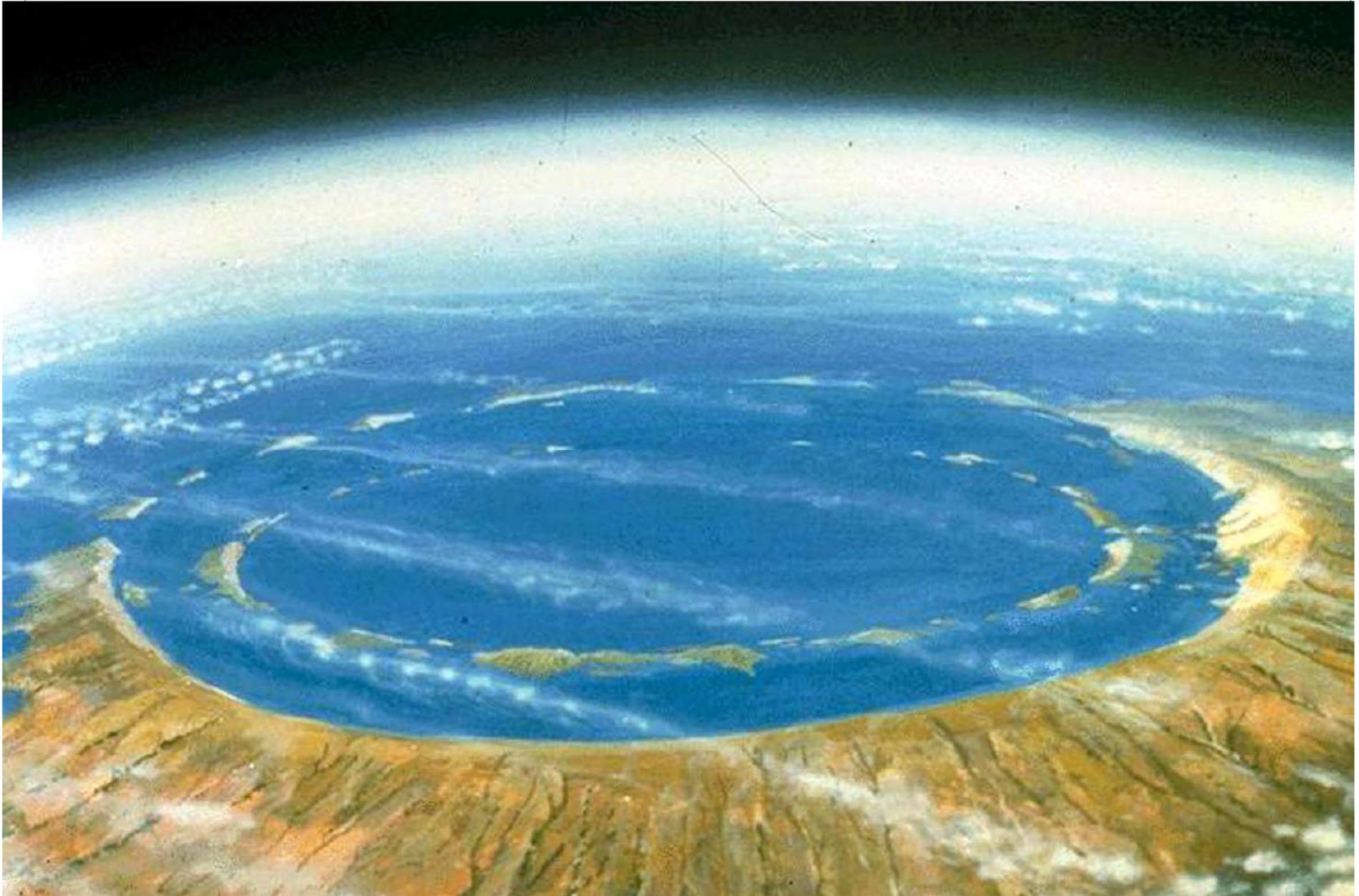
## Autres événements

- Régression marine 
- Baisse de la température de 5° en moyenne
- Intense volcanisme (trapps du Deccan)
- Un niveau riche en Iridium
- Quartz choqués
- Magnétites nickélifères
- Trace d'un impacte de météorite de 250 km de diamètres

# Trapps (Deccan, Inde)



# Cratère du golf du Mexique



# Scénario d'un impact d'astéroïde



## Crise du Permo-Trias



- 83% des genres et 96% des espèces du milieu marin seront touchés
- Ammonites, brachiopodes, échinodermes, bryozoaires seront particulièrement touchés.
- 75% des familles de vertébrés et 63% des insectes disparaîtront.

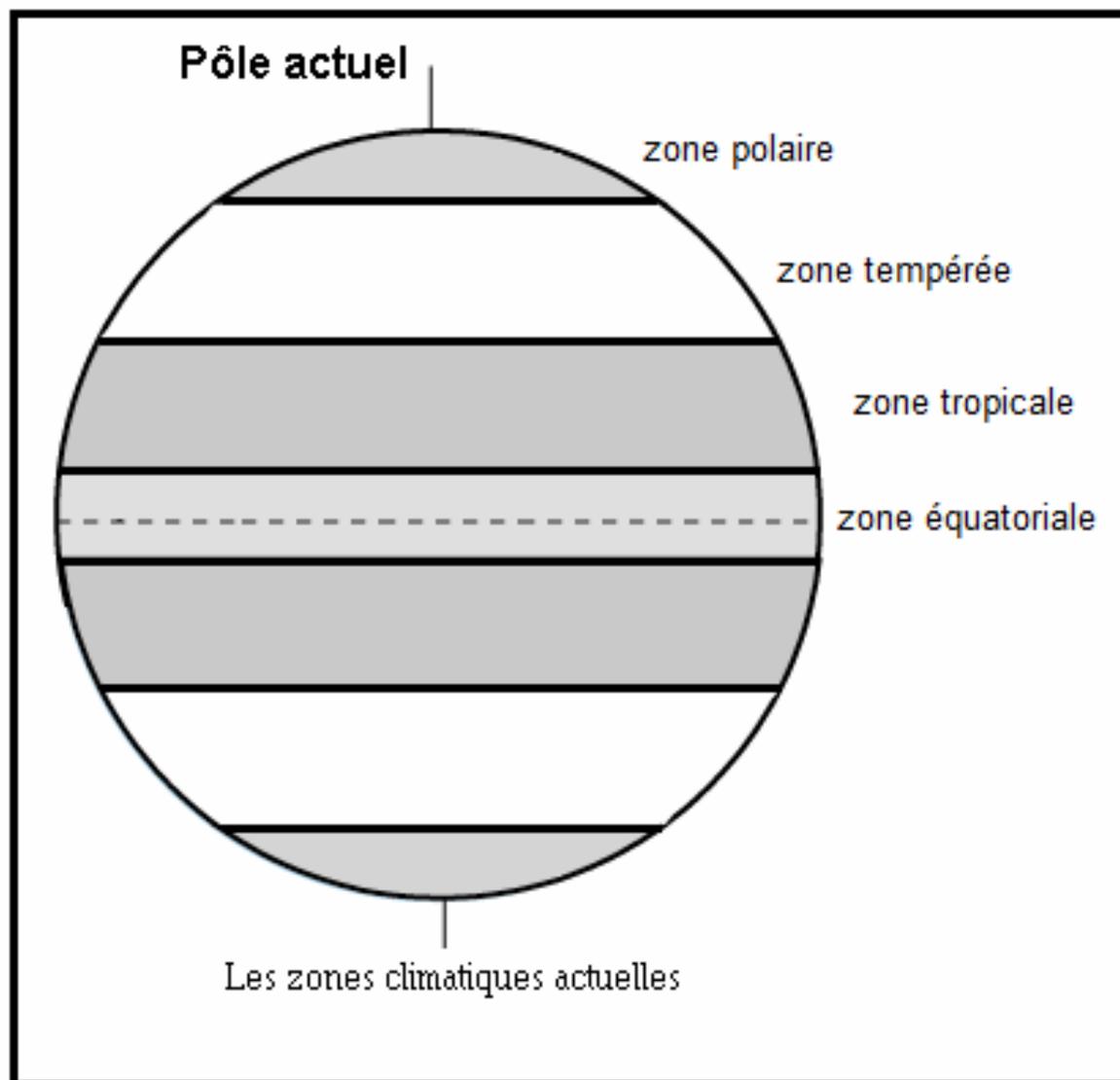
# Crise du Permo-Trias

- Sur le plan géologique:
  - Formation de la Pangée au Permien
  - Régression marine
  - Dépôts d'évaporites
- Sur le plan climatique
  - Glaciation du Permien
  - Tendence à l'aridité
  - Climat plus chaud et moins contrasté entre les pôles et l'équateur

# III- Les zones climatiques



# III- Les zones climatiques



## Zone équatoriale



- 0 à 20° de latitude
- Caractérisée par :
  - Des pluies abondantes
  - Des pressions faibles

## Zone tropicale



- Zone des déserts chauds
- 20 à 30° de latitude
- Caractérisée par
  - Des pluies faibles
  - Des pressions élevées

# Zone tempérée



- 30 à 60° de latitude
- Pressions basses
- Pluies importantes
- Elle comporte 3 types de climat:
  - Climat méditerranéen
  - Climat continental
  - Climat océanique

# Climat méditerranéen



- Assez chaud et sec

# Climat continental



- Variations importantes de températures
- Ex: Marrakech

# Climat océanique

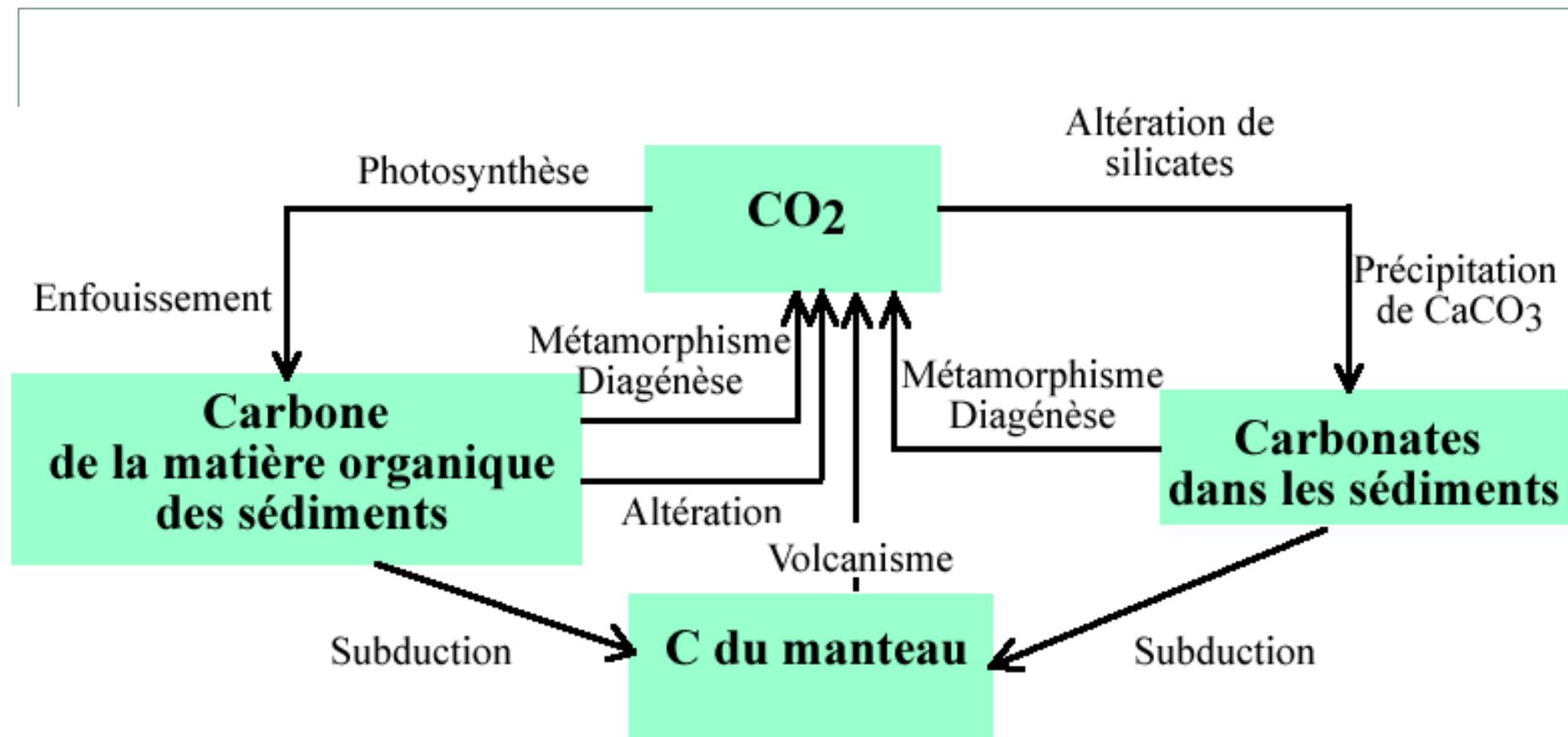


- Variations faibles de température
- Ex: Essaouira

## Zone polaire



- Zone des déserts froids
- Hautes Pressions
- pluies faibles



Modèle du cycle du carbone sur le long terme. La précipitation des carbonates dérivant de l'altération des carbonates n'est pas indiquée car ces deux processus se compensent sur le long terme. Néanmoins, le dépôt de carbonates dérivés de l'altération des calcaires conduit à des dégazages supplémentaires de CO<sub>2</sub> via un enfouissement en profondeur et une décomposition thermique.

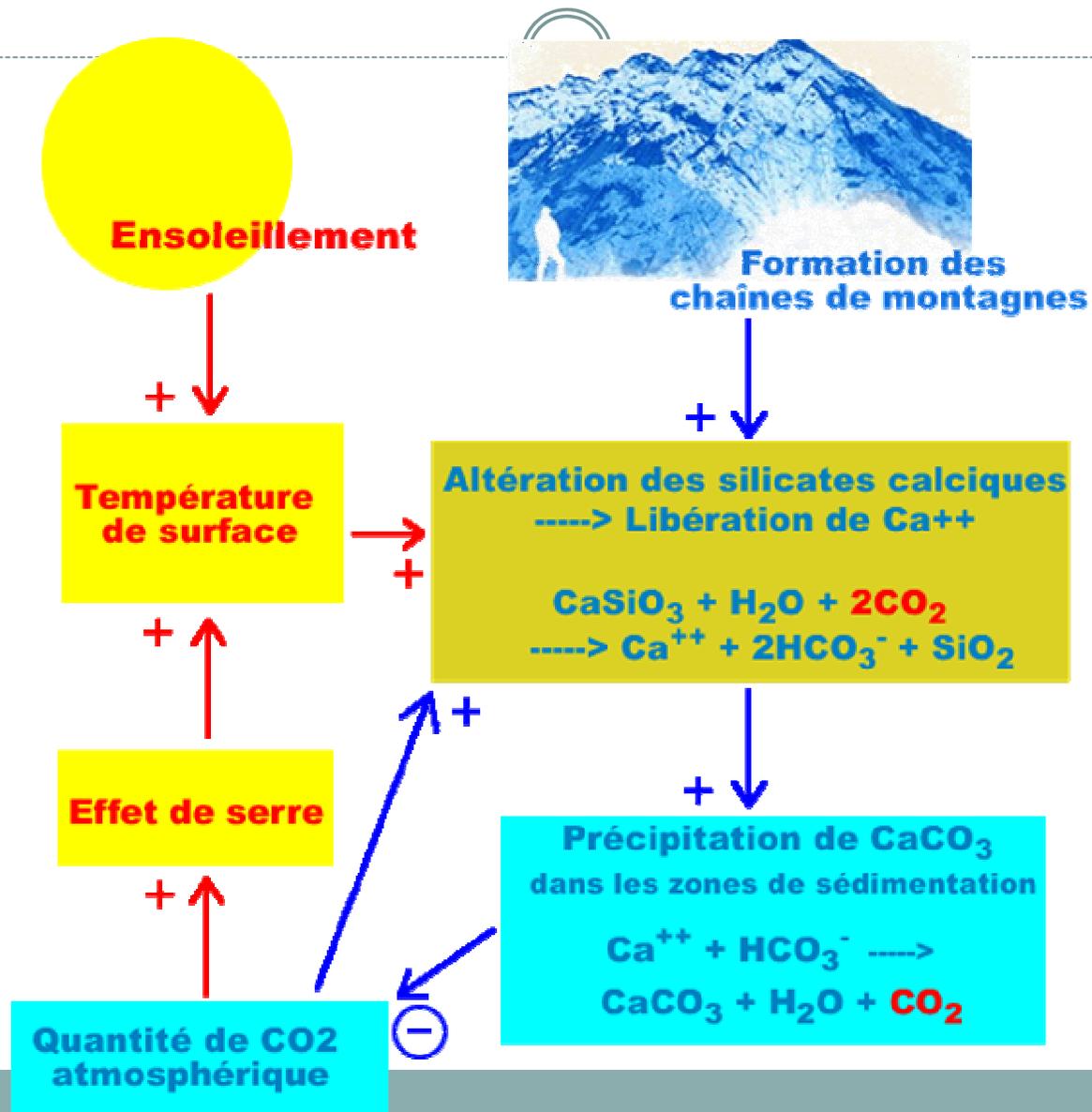
Berner, 2003, Nature 426, 323-326

## Conclusion



- Le climat sur terre a toujours varié en fonction de la teneur en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dans l'atmosphère.

# Conclusion



# Conclusion



- Altération des silicates
  - $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
- - La précipitation des carbonates dans les océans :
  - $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- - L'équation bilan montre que deux molécules de  $\text{CO}_2$  sont consommées et qu'une seule est libérée :
  - $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow$   
 $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 + 1\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

# Quelques silicates



- Wallastonite  $\text{CaSiO}_3$
- Anorthite  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

