



UE16S5- Géographie des milieux : Les hydrosystèmes

Licence 3

Laurent Chalumeau

CM : 12h

TD : 12h

Les glaciers

Introduction

La glace terrestre constitue la cryosphère.

1,7 % de l'hydrosphère totale, mais 70% de l'eau douce.

21 millions de km² soit 15% des terres émergées :

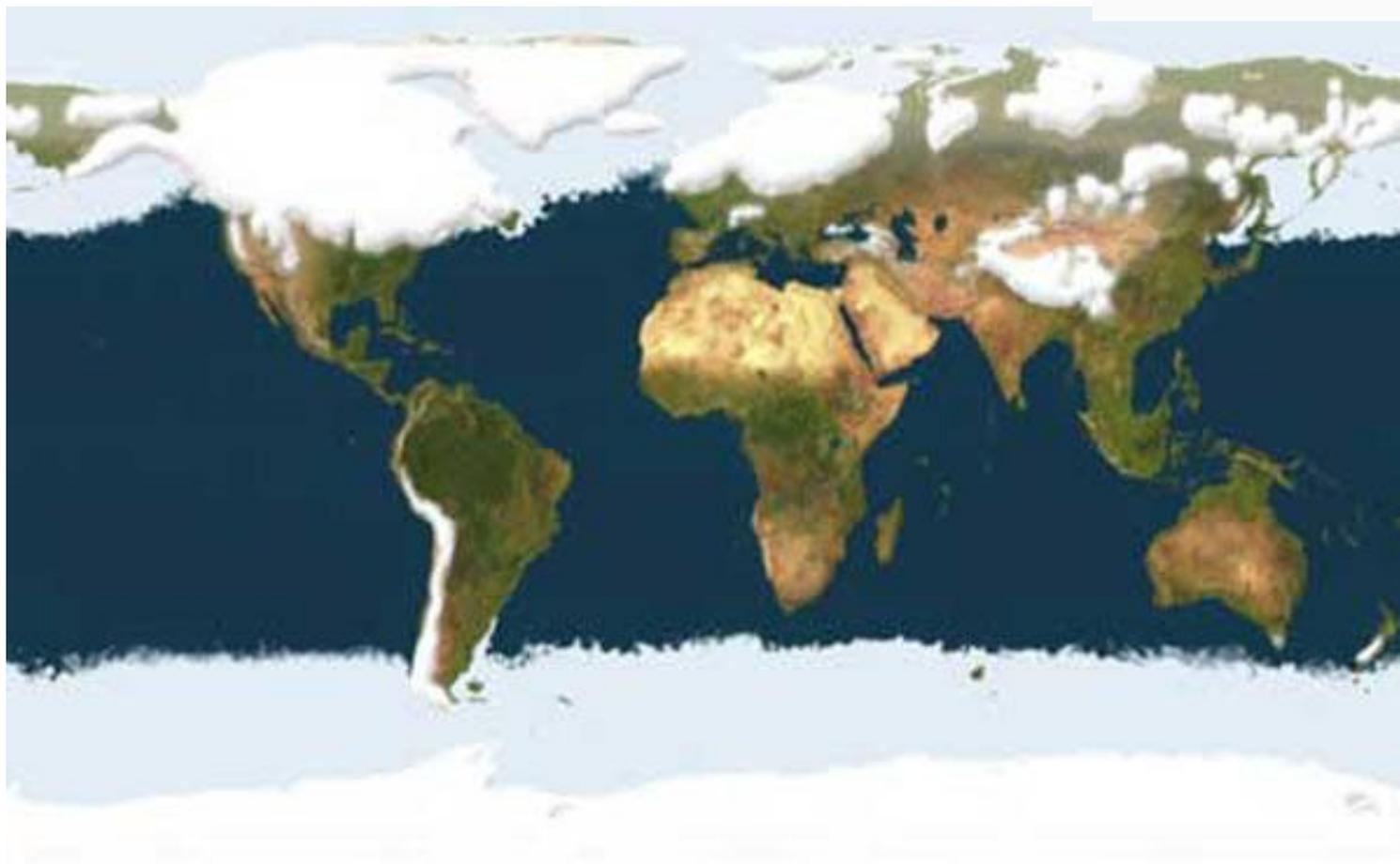
- 95% dans les inlandsis (calotte glaciaire) :
 - Antarctique
 - Groenland
- 1% glaciers des vallées de haute montagne (Alpes, Himalaya,...)
- glaciers de plateaux (Island, Spitzberg,...)

Aux périodes glaciaires : 30% des terres émergées étaient recouvertes de glace

Les glaciers

Introduction

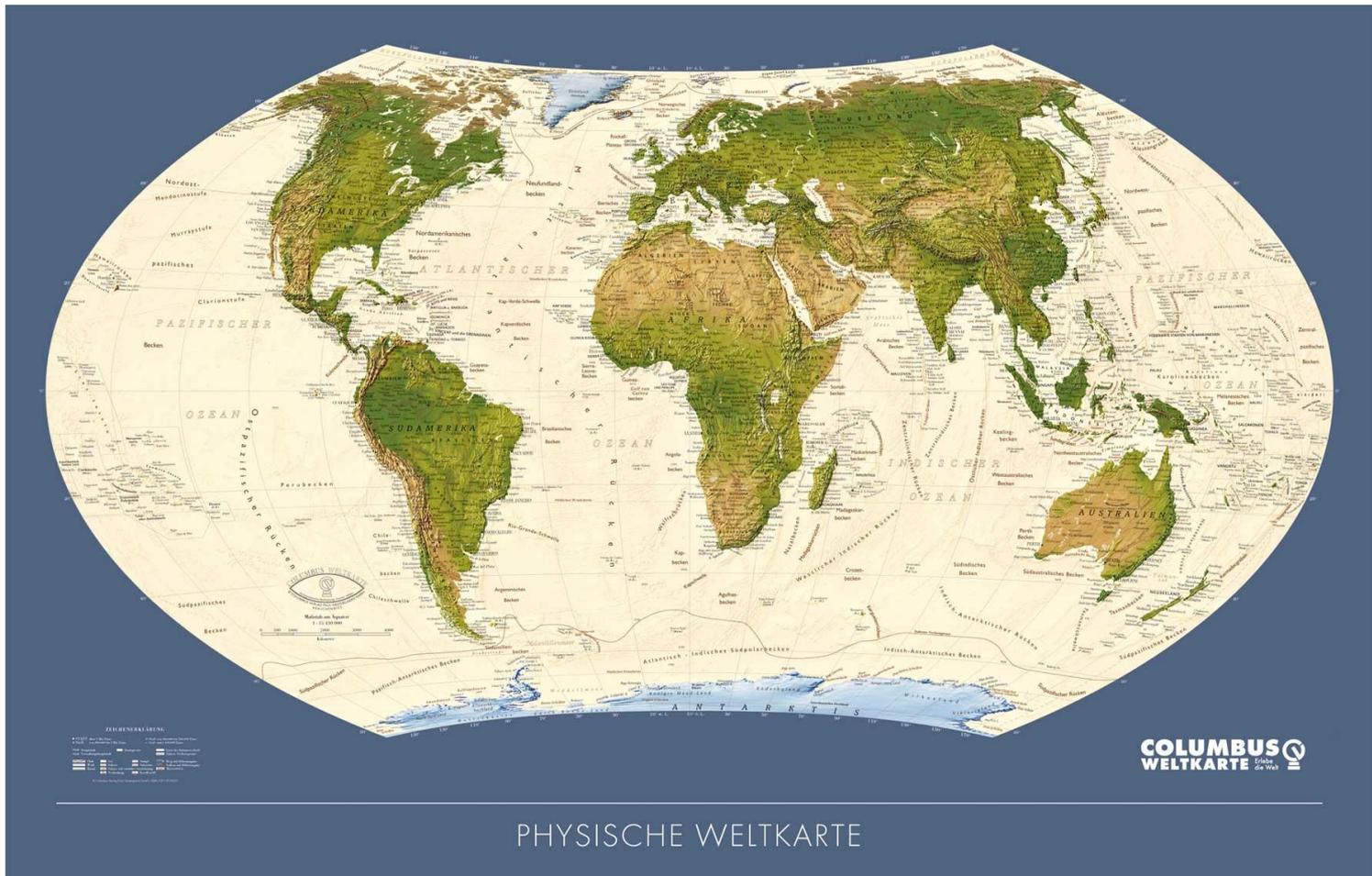
Il y a 13 000 ans



Les glaciers

Introduction

Glacier : accumulation naturelle d'eau solide, résultant de la transformation de la neige en glace



Les glaciers

Introduction

Conditions de formation d'un glacier :

- Précipitation : mélange saisonnier de pluie et de neige :
 - ⇒ Les pluies s'évacue rapidement
 - ⇒ Les précipitations neigeuses d'hiver sont accumulées et retenues plusieurs jours, semaines ou mois
 - ⇒ Le bilan Précipitation/Evacuation est négatif ou nul
 - ⇒ La période de rétention de la neige est de 4-5 mois (nov.-mars)



Les glaciers

Introduction

Conditions de formation d'un glacier :

- Précipitation : mélange saisonnier de pluie et de neige :
 - ⇒ Les pluies s'évacue rapidement
 - ⇒ Les précipitations neigeuses d'hiver sont accumulées et retenues plusieurs jours, semaines ou mois
 - ⇒ Le bilan Précipitation/Evacuation est négatif ou nul
 - ⇒ La période de rétention de la neige est de 4-5 mois (nov.-mars)

 - ⇒ Fonte de la neige avant l'arrivée de celle de l'hiver suivant

Les glaciers

Introduction

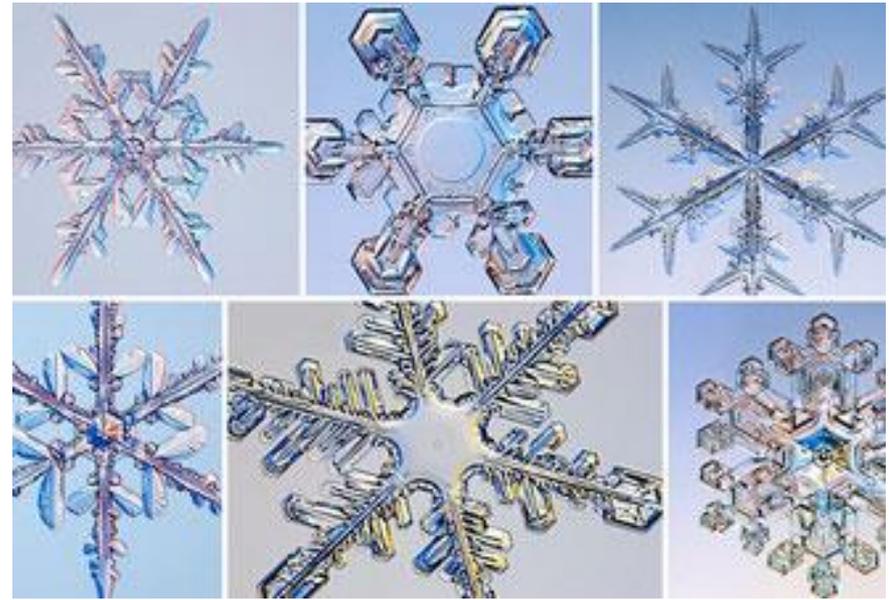
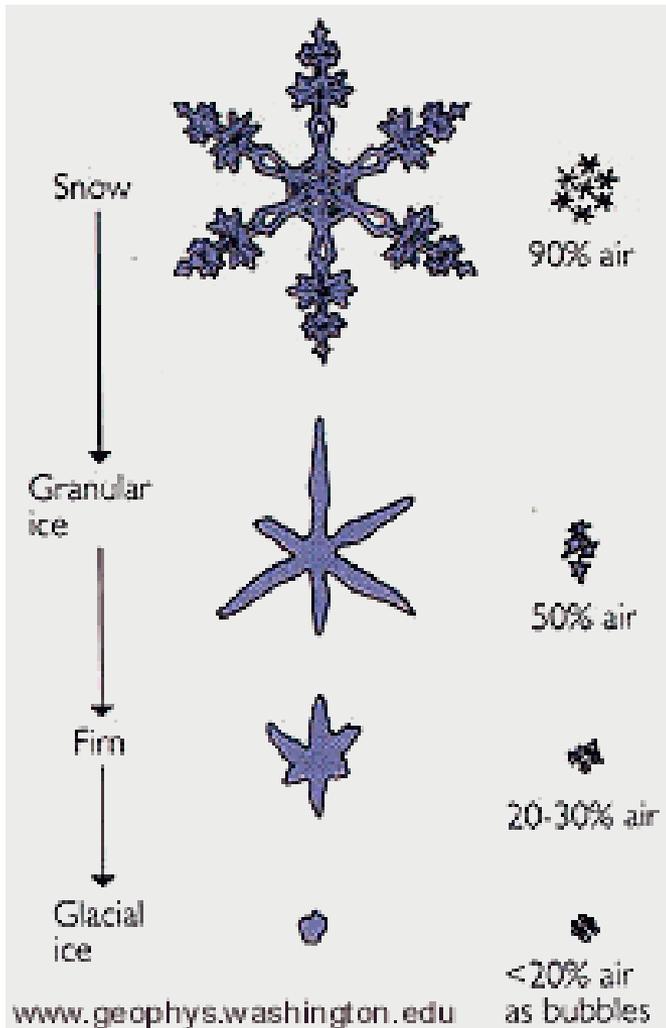
Conditions de formation d'un glacier :

- Précipitation : essentiellement ou exclusivement neigeuses :
 - ⇒ Les précipitations neigeuses d'hiver sont accumulées et retenues
 - ⇒ Le réchauffement printanier et estival ne suffit pas à assurer la fonte complète
 - ⇒ Le bilan Précipitation/Evacuation est positif
 - ⇒ Une certaine quantité de neige se maintient jusqu'au chutes de l'hiver suivant
 - ⇒ Si le bilan positif se maintient plusieurs années, un stock de neige s'installe dans les dépressions puis sur les sommets

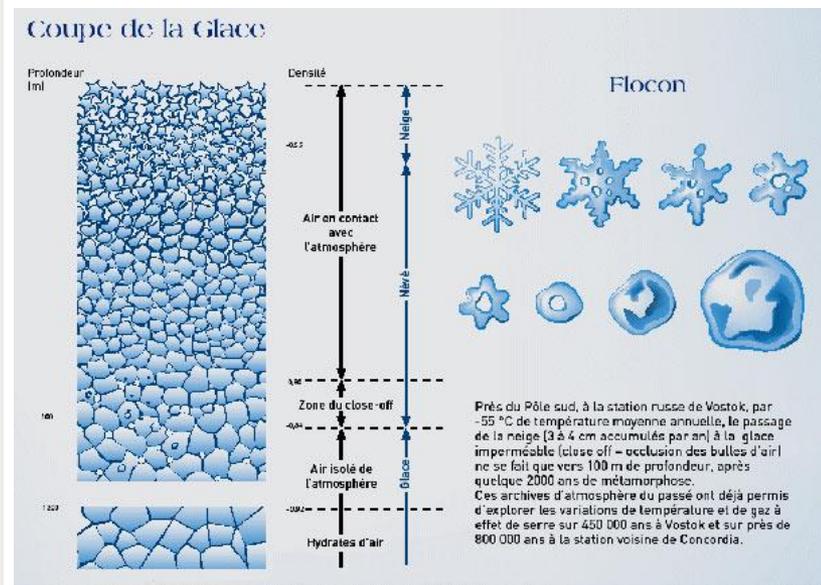
Les glaciers

Introduction

Transformation neige en glace :



gel-dégel
recristallisation sous pression

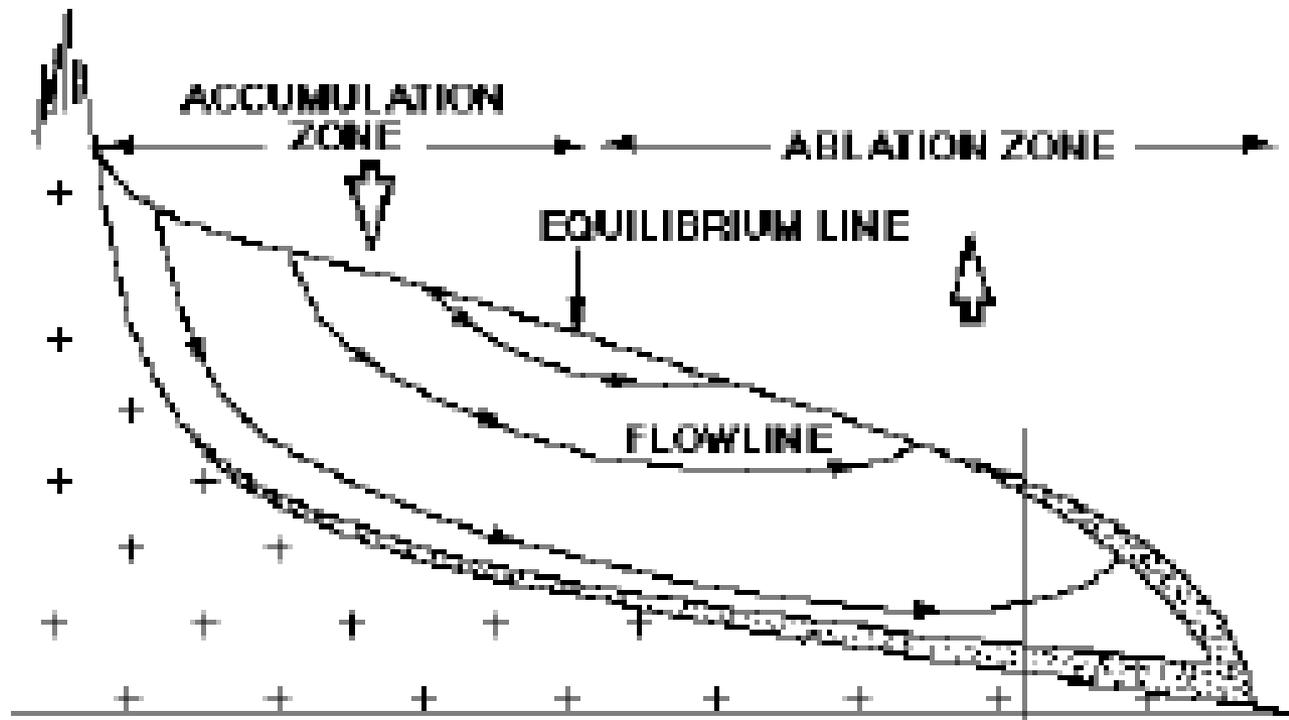


Les glaciers

Introduction

Equilibre général :

Flow of a Glacier



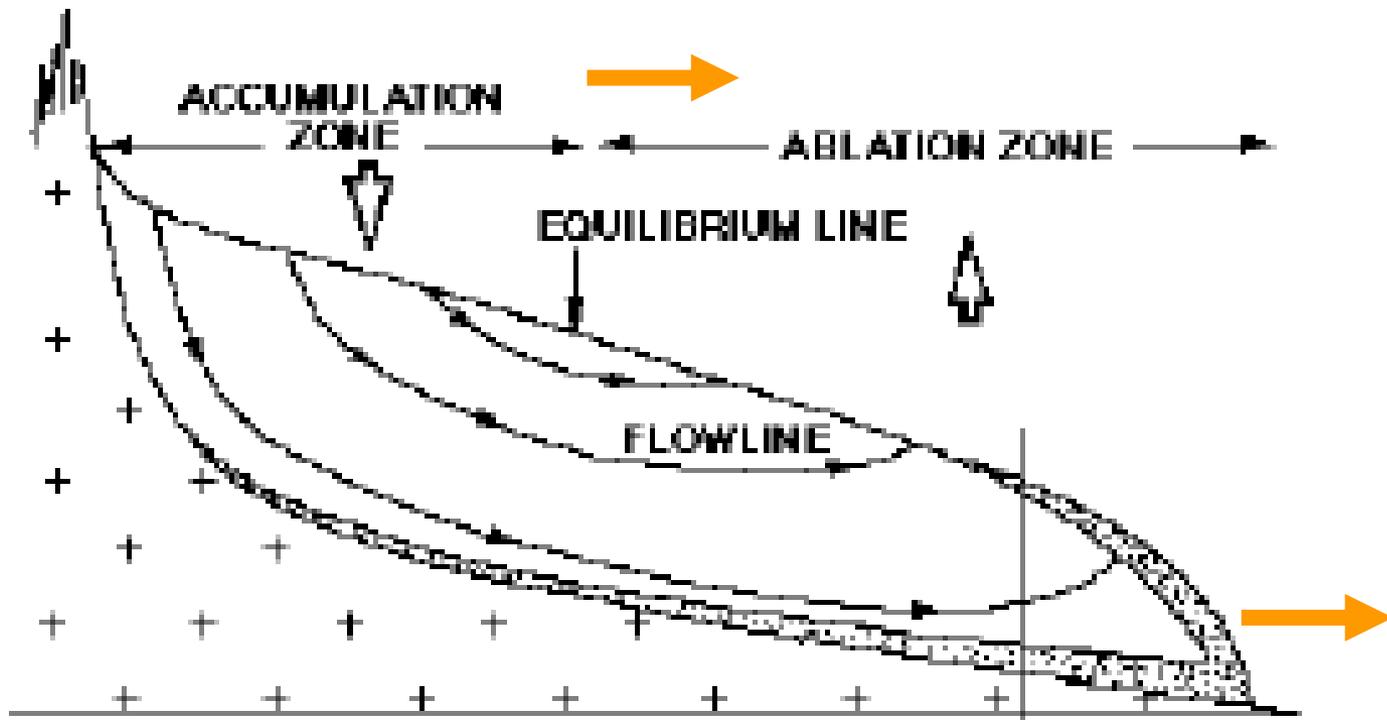
Les glaciers

Introduction

Equilibre général :

Bilan excédentaire

Flow of a Glacier



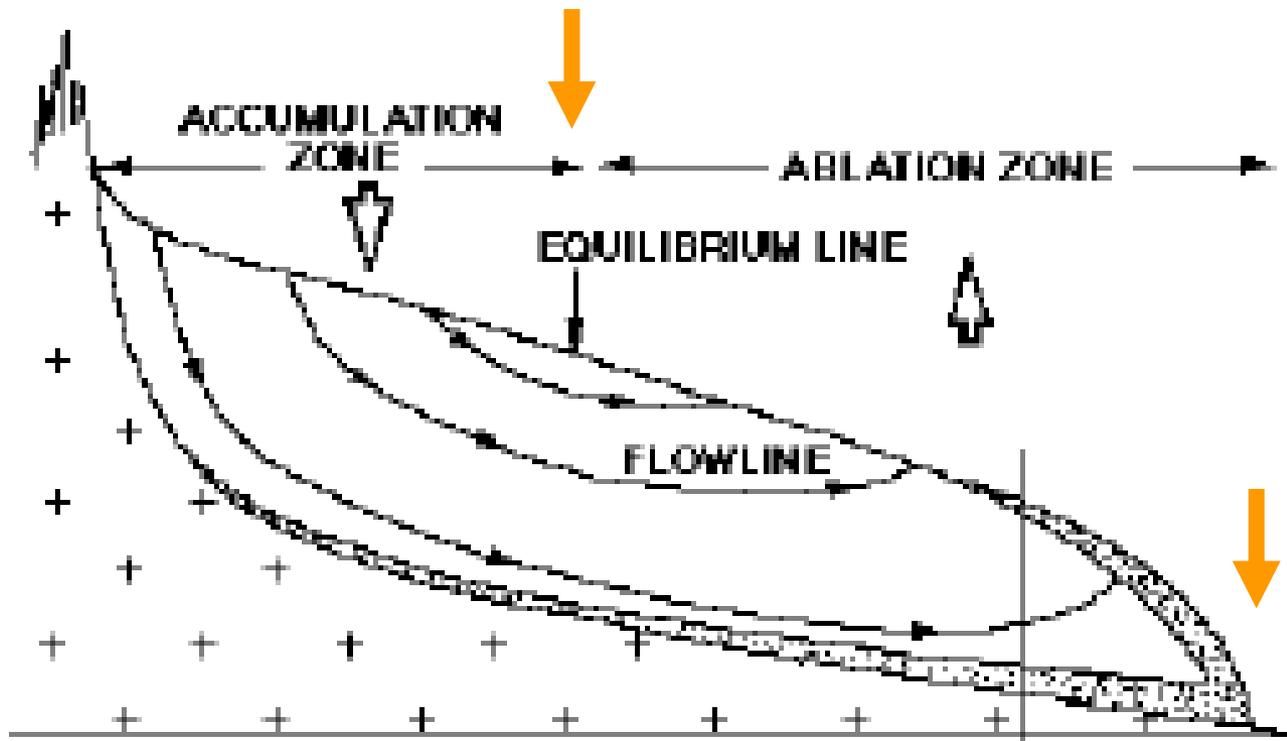
Les glaciers

Introduction

Equilibre général :

Bilan équilibré

Flow of a Glacier



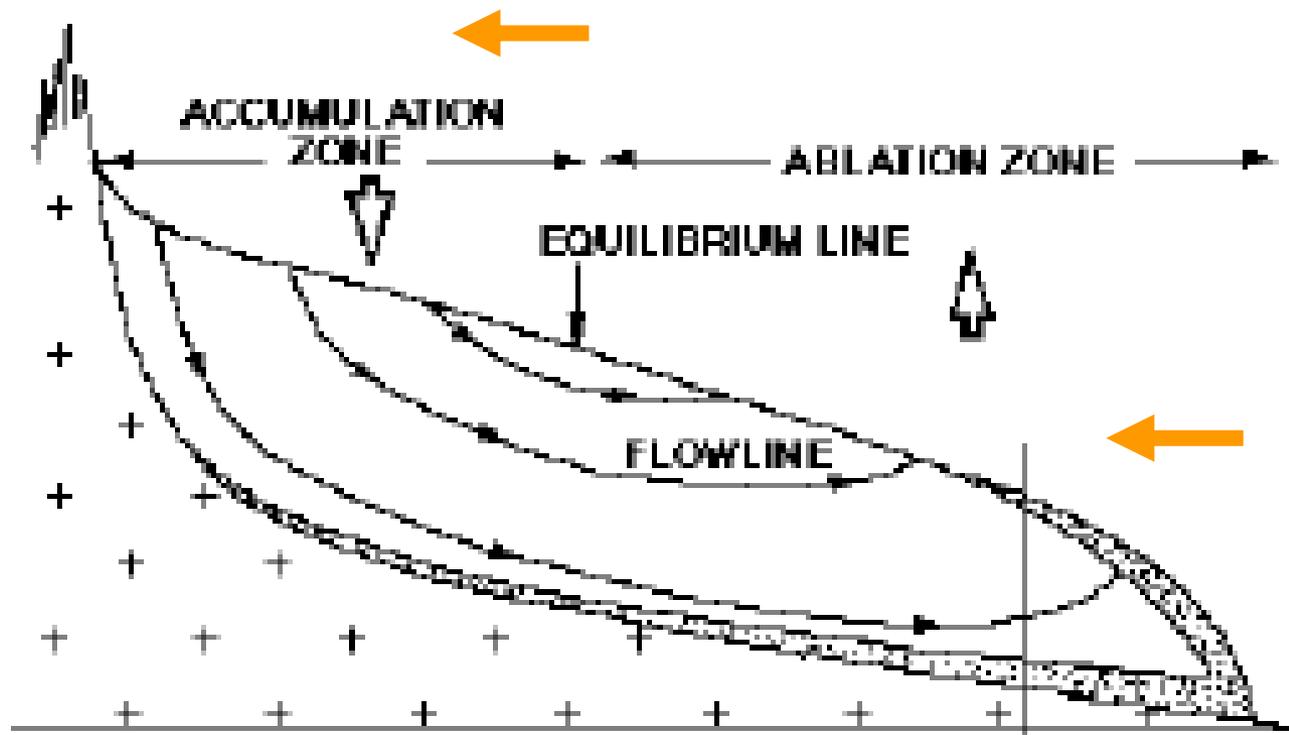
Les glaciers

Introduction

Equilibre général :

Bilan déficitaire

Flow of a Glacier



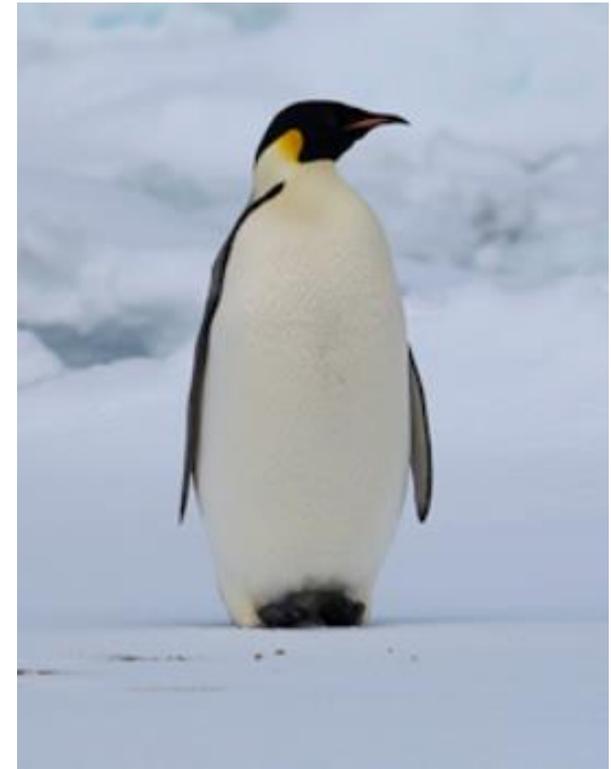
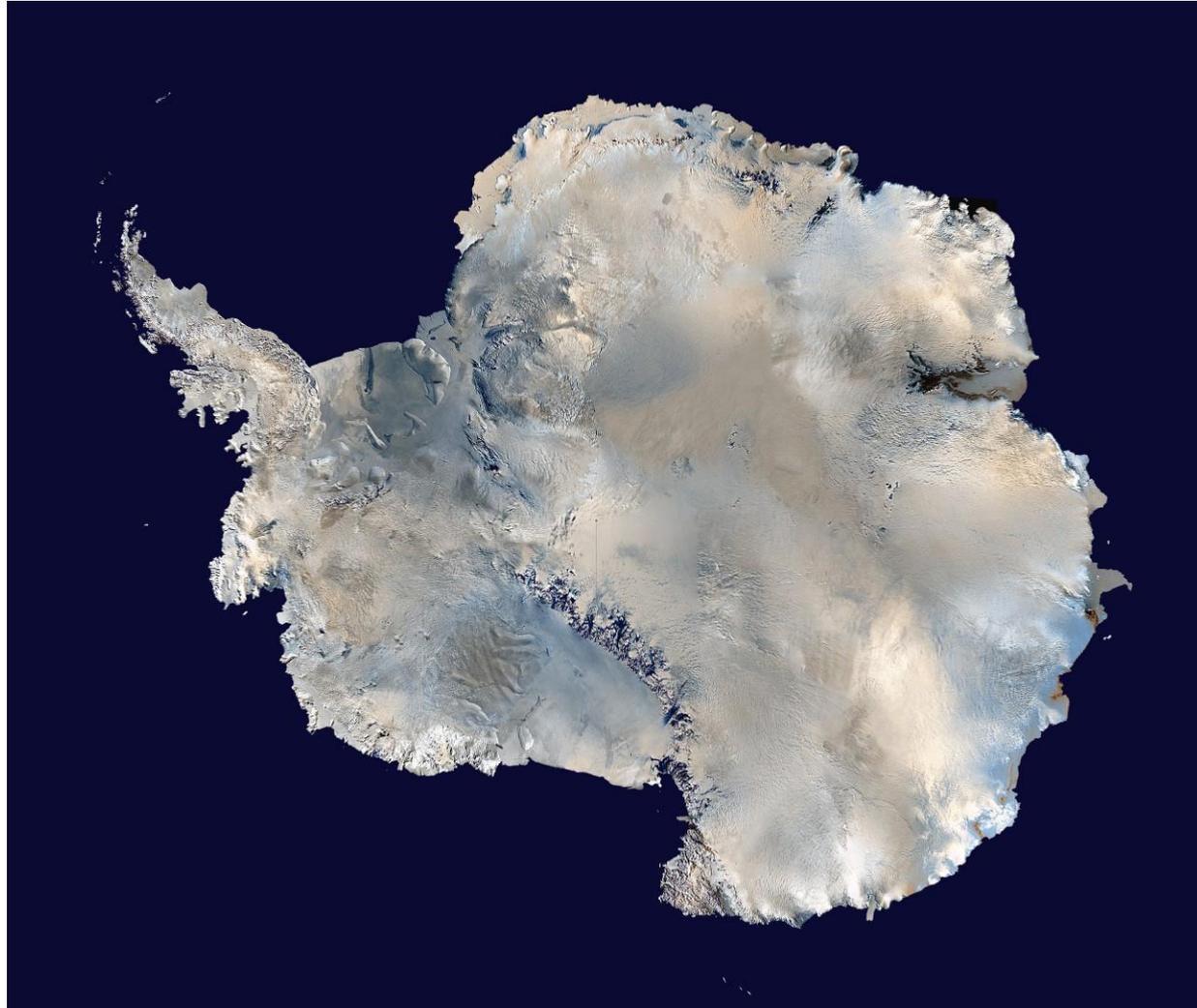
Les glaciers

Les différents types de glaciers

Systemes glaciaires de hautes latitudes



Antarctique :



Les glaciers

Les différents types de glaciers

Systemes glaciaires de hautes latitudes



Groenland :



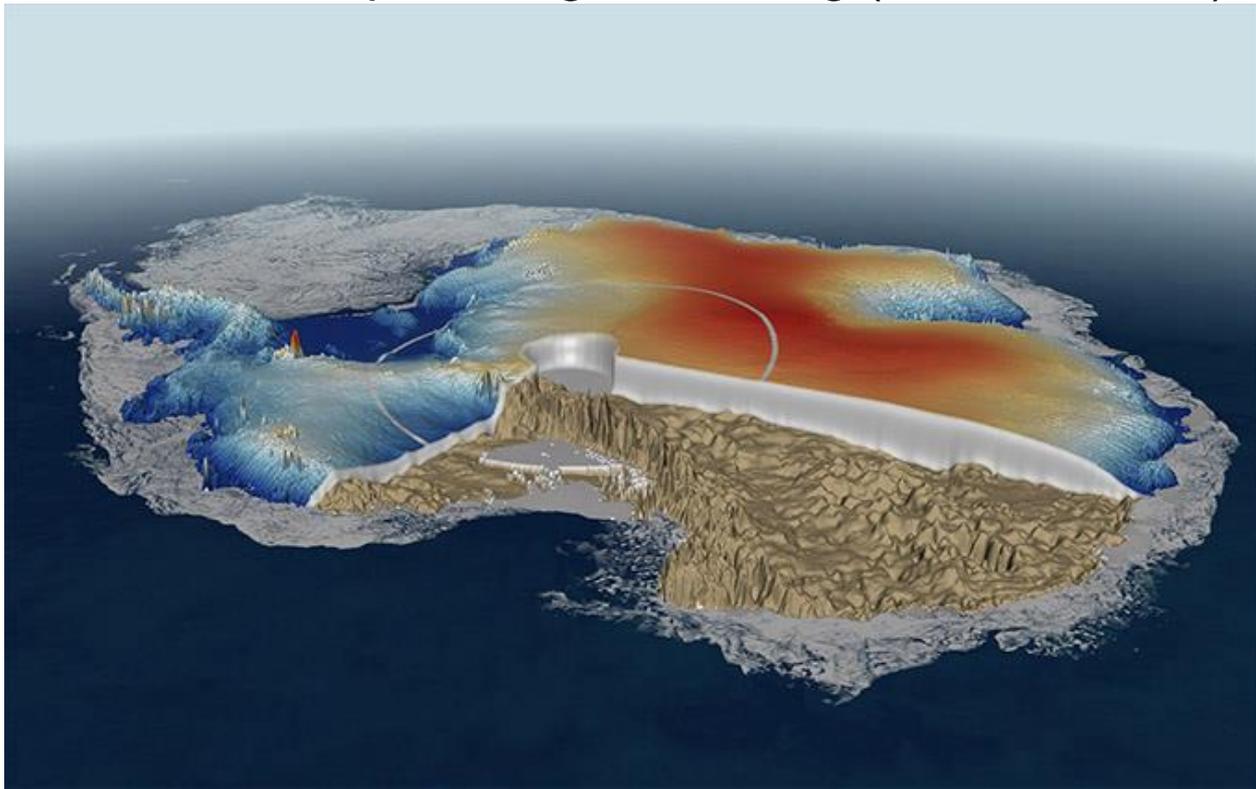
Les glaciers

Les différents types de glaciers

Systemes glaciaires de hautes latitudes

Formes générales :

- glaciers au formes massives
- s'étend sur la mer sous la forme de banquise flottant (hiver)
- libération par vêlage d'iceberg (blocs flottants)



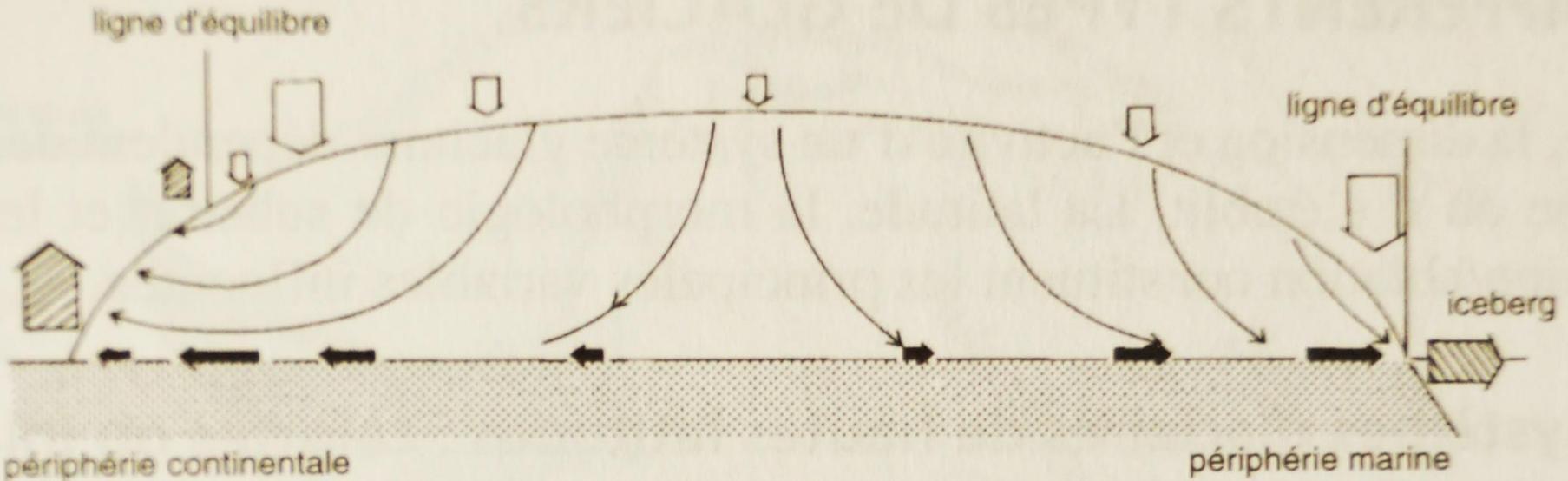
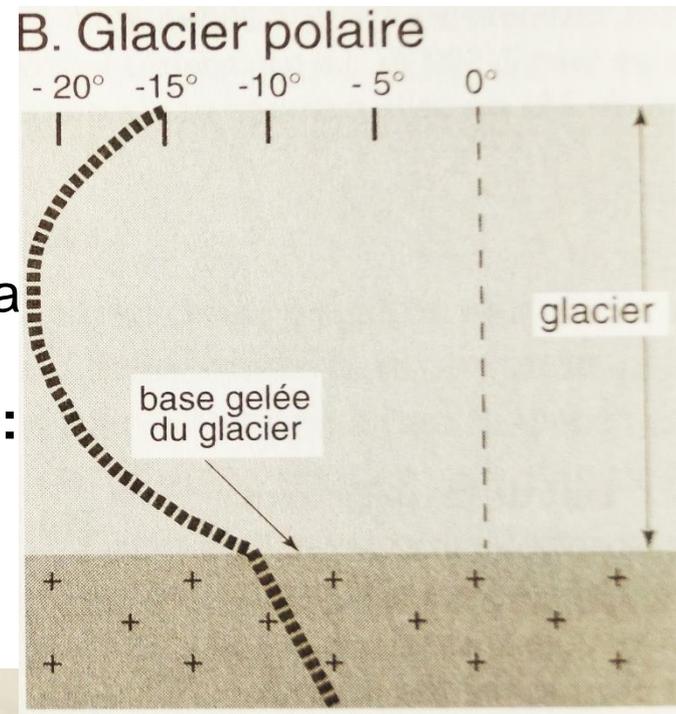
Les glaciers

Les différents types de glaciers

Systemes glaciaires de hautes la

Dynamique et mouvement de la glace:

Mouvements lents : qqe m/an au centre du dôme
Mouvement accélère un peu vers la périphérie



a) calotte glaciaire

Les glaciers

Les différents types de glaciers

Systemes glaciaires de hautes latitudes

Charge et production sédimentaire :



Les glaciers

Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne



Les glaciers

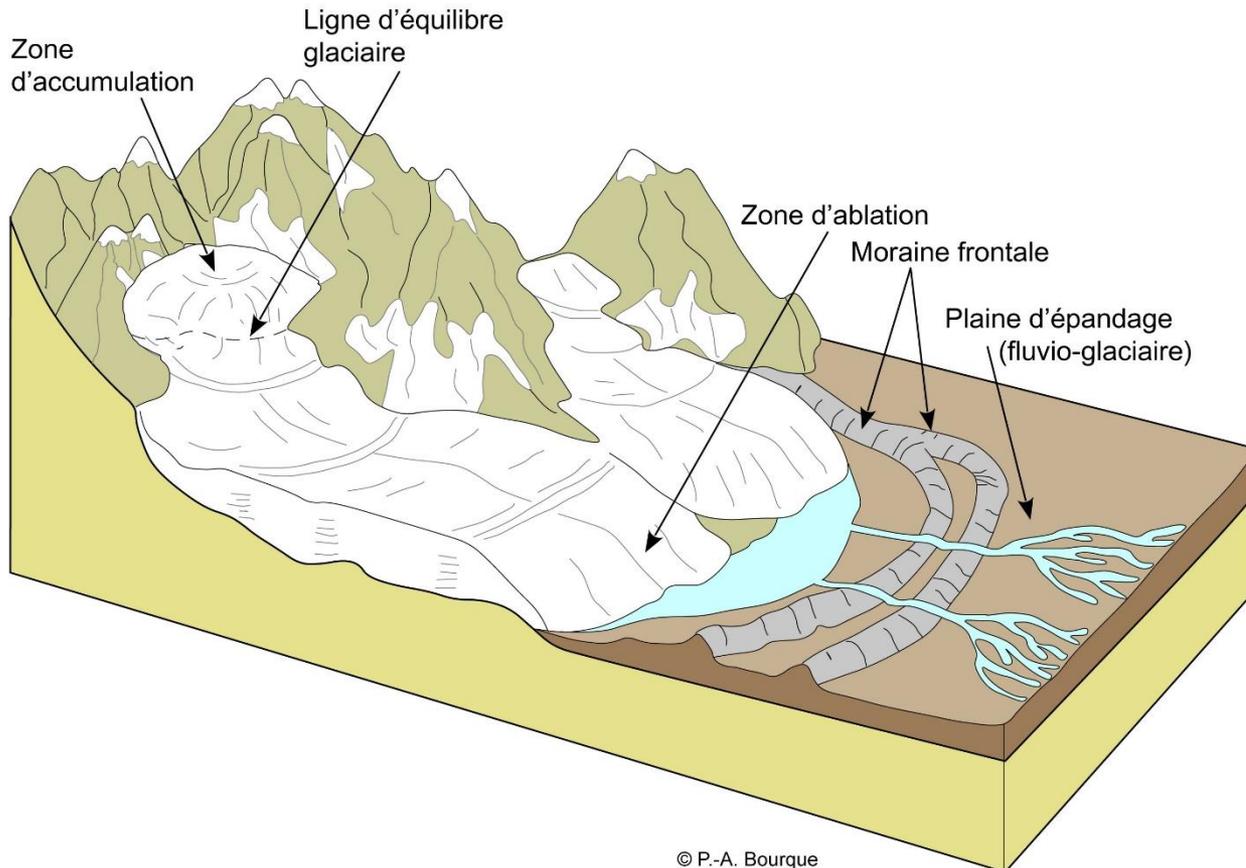
Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne



Formes générales :

- langue allongée comblant le fond de vallée



Deux domaines :

- Zone amont : domaine d'accumulation
- Zone aval : langue glaciaire, domaine d'ablation



Les glaciers

Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne

Formes générales :



Les glaciers

Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne

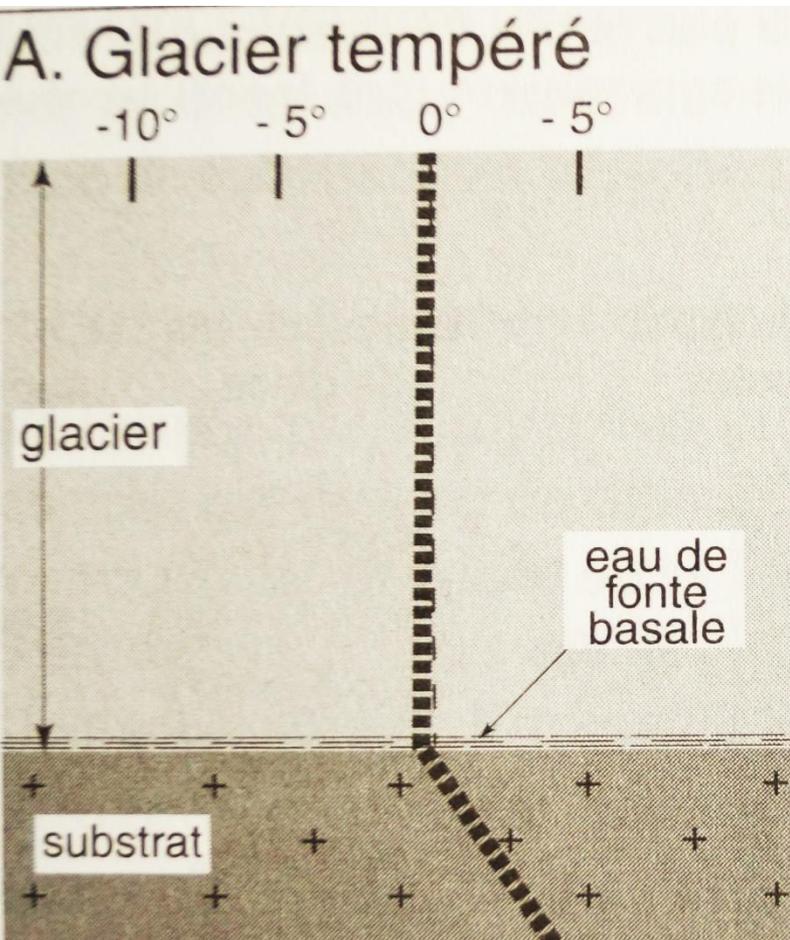


Les glaciers

Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne

Dynamique et mouvement de la glace:



$T^{\circ} C$ proche de 0

⇒ plasticité de la glace forte

⇒ déformation facilité sous l'effet de la pression et de la gravité

⇒ vitesse de fluage de qqes 10^e de m à plusieurs 100^e de m par an

⇒ âge max qqes 100^e ou 1000^e d'année

Une diminution des apports engendre le recul des glaciers

Les glaciers

Les différents types de glaciers

Glaciers de vallée de haute montagne

Charge et production sédimentaire

Importante liée :

- aux avalanches latérales
- à l'érosion sous glaciaire



Les glaciers

Les différents types

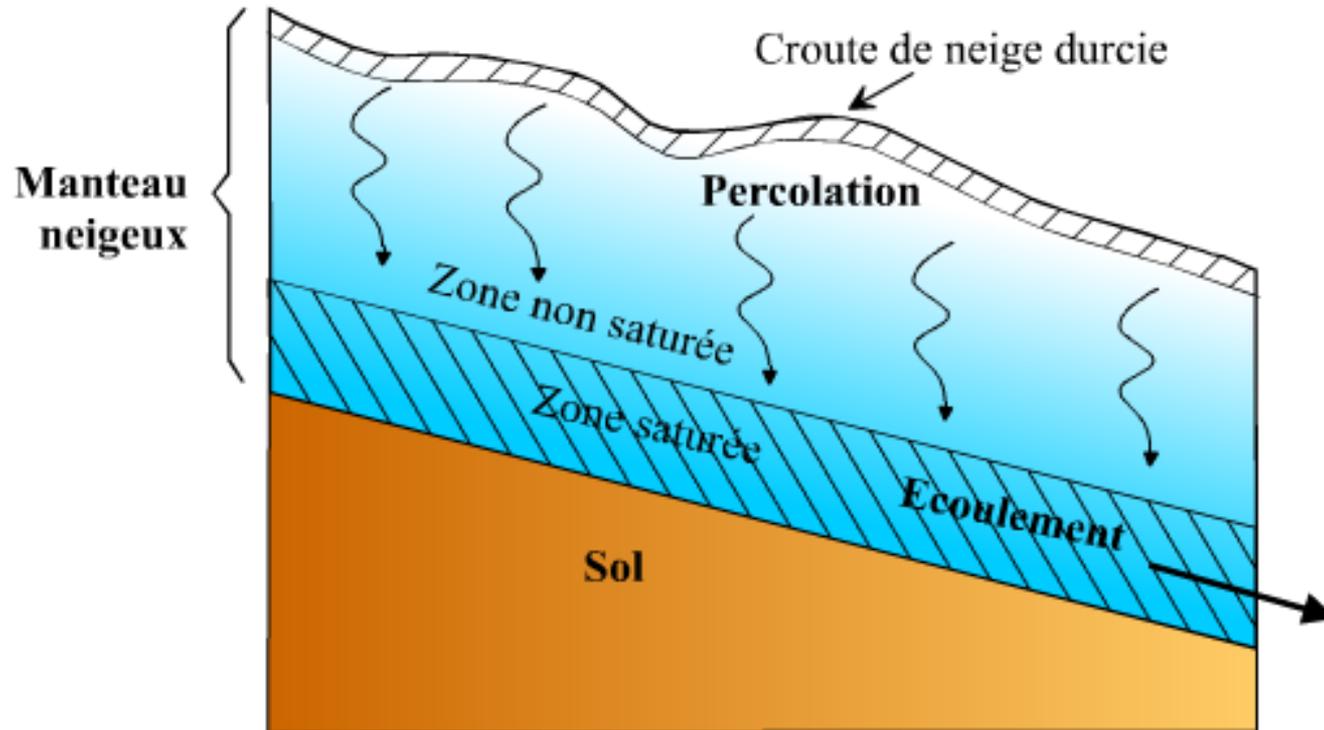
Glaciers de plaine



Les glaciers

L'eau dans les glaciers

En période de fonte



Les glaciers

L'eau dans les glaciers

Les bédrières : torrent à la surface d'un glacier alimenté par les eaux de fonte



Les glaciers

L'eau dans les glaciers

Les moulins : puits verticaux (circulaire) creusés par les eaux de fonte à partir d'une fissure



Les glaciers

L'eau dans les glaciers

Les torrents sous glaciaires



Les glaciers

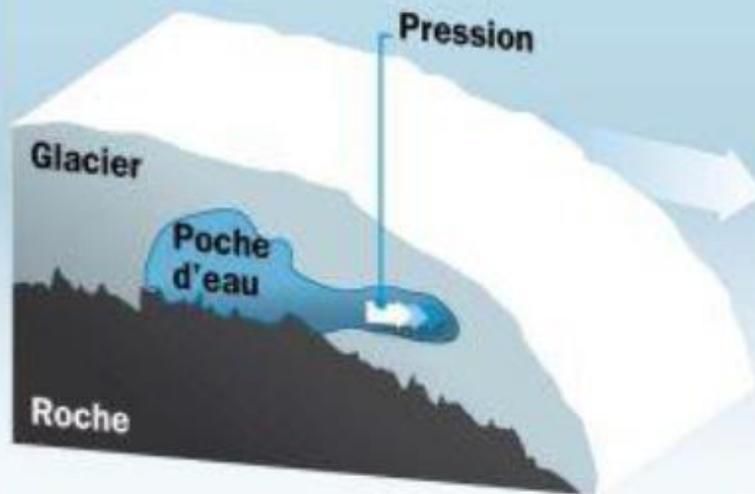
L'eau dans les glaciers

Les poches d'eau

Ce qui se passe en cas de rupture d'une poche d'eau

1

Un vide se crée sous le glacier. L'eau s'y accumulant finit par **exercer une pression trop forte sur la paroi...**



2

... et fait sauter un "bouchon" de glace. Une partie du glacier s'effondre dans la poche d'eau, qui se vide brutalement. **L'écoulement de l'eau se transforme en lame torrentielle**, entraînant roches, graviers, arbres...

Les glaciers

Embâcle/Débâcle



Les lacs

Origine

- origine tectonique : affaissement du substrat, demi-rift
- origine glaciaire : surcreusement du substratum, moraines frontales
- autres :
 - volcanisme (lac de cratère, lac barré)
 - effondrement ou glissement de terrain
 - levée sédimentaire fluviale
 - méandre abandonné
 - lac temporaire de dépression karstique

Les lacs

Influence sur le lac

- le BV (relief, géologie affleurante, surface)
- le climat (régime hydrologique, glacier, couvert végétal)
- humain (effluents domestiques, défrichement, barrage)

Les lacs

Composition chimique des eaux lacustres

La minéralisation

- eau douce : minéralisation $< 1\text{g/L}$
- saumâtres ou lagunes : lac côtier,...
- salés et hypersalés ($> 35\text{g/L}$) : lac endoréique (mer Morte)

Les lacs

Composition chimique des eaux lacustres

Les matières dissoutes (=> conductivité)

Contraste => mise en évidence :

- des pollutions,
- des zones de mélanges
- des zones d'infiltration.

La conductivité permet de valider les analyses physico-chimiques de l'eau (la valeur mesurée sur le terrain doit être comparable à celle mesurée au laboratoire)

Attention : la conductivité augmente avec la température => à 25° C
(conductivité équivalente)

Les lacs

Composition chimique des eaux lacustres

La concentration en H^+ (\Rightarrow pH)

Traduit la balance entre acide (0) et base (14)

pH < 5	Acidité forte \Rightarrow présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée \Rightarrow majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Les lacs

Composition chimique des eaux lacustres

Oxygène dissous et oxydabilité

Les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air sont en équilibre.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de

- la pression atmosphérique,
- la température,
- la minéralisation de l'eau

Les lacs

Composition chimique des eaux lacustres

Oxygène dissous et **oxydabilité**

L'oxydabilité exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes.

DBO₅ est exprimée en mg de O₂ consommé

Situation	DBO ₅ (mg/l d'O ₂)
Eau naturelle pure et vive	< 1
Rivière légèrement polluée	1 < c < 3
Egout	100 < c < 400
Rejet station d'épuration efficace	20 < c < 40

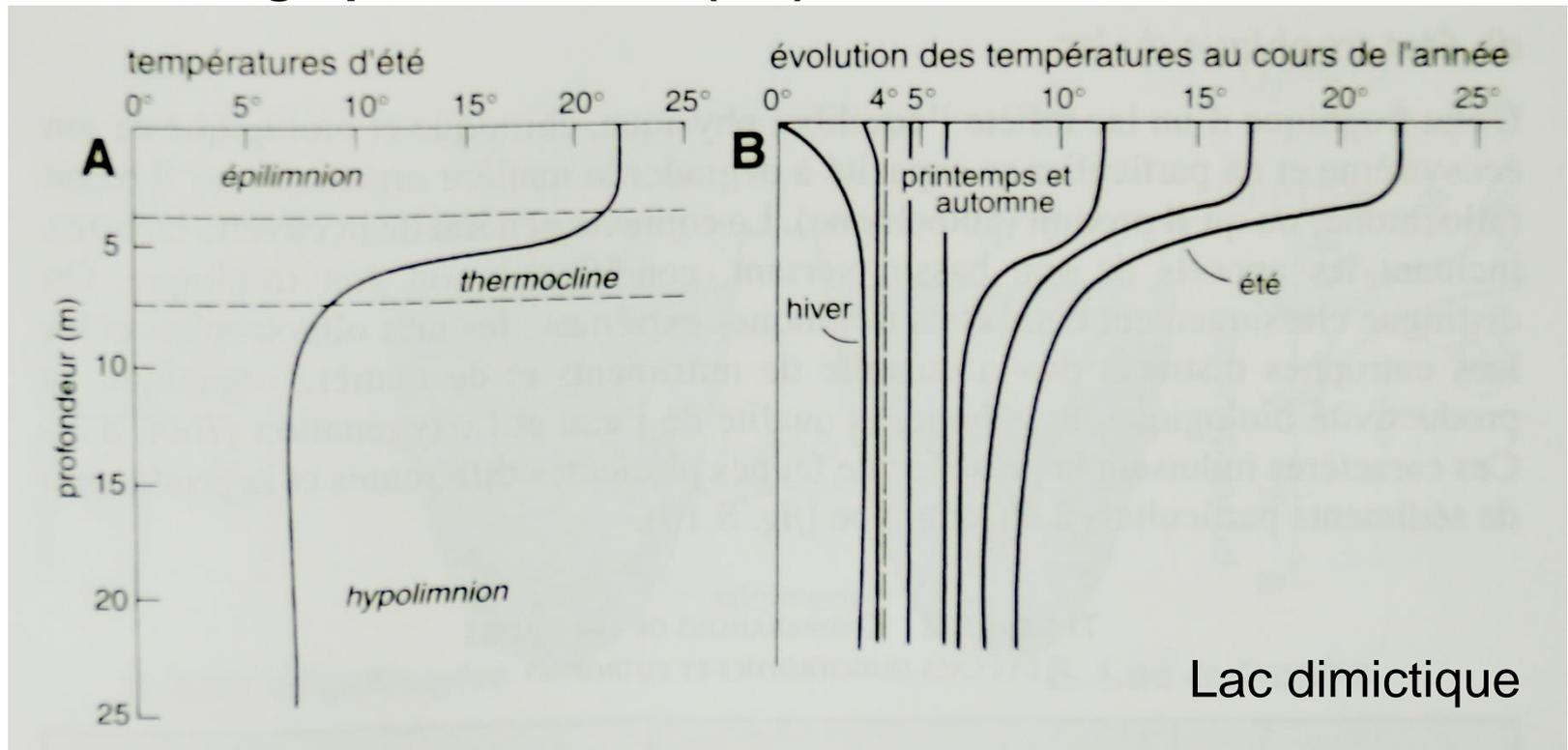
Les lacs

Mouvement des eaux lacustres

- mouvements liés à la température :

La densité de l'eau varie en fonction de sa température (max 4° C)

=> stratigraphie des eaux (été)



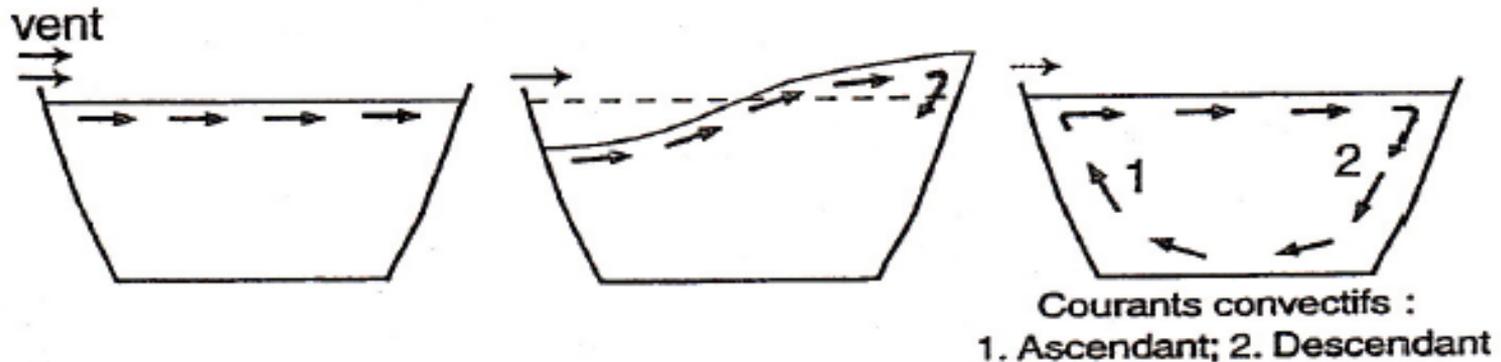
Les lacs

Mouvement des eaux lacustres

- mouvements liés au vent:

Les vents de forte intensité et de direction régulière peuvent entraîner le déplacement de l'eau de surface à des vitesses de plusieurs cm/s

=> courant convectif en profondeur



Effet d'un coup de vent sur un lac non stratifié et courants convectifs qui en résultent (d'après Lemmin, 1995).

Les lacs

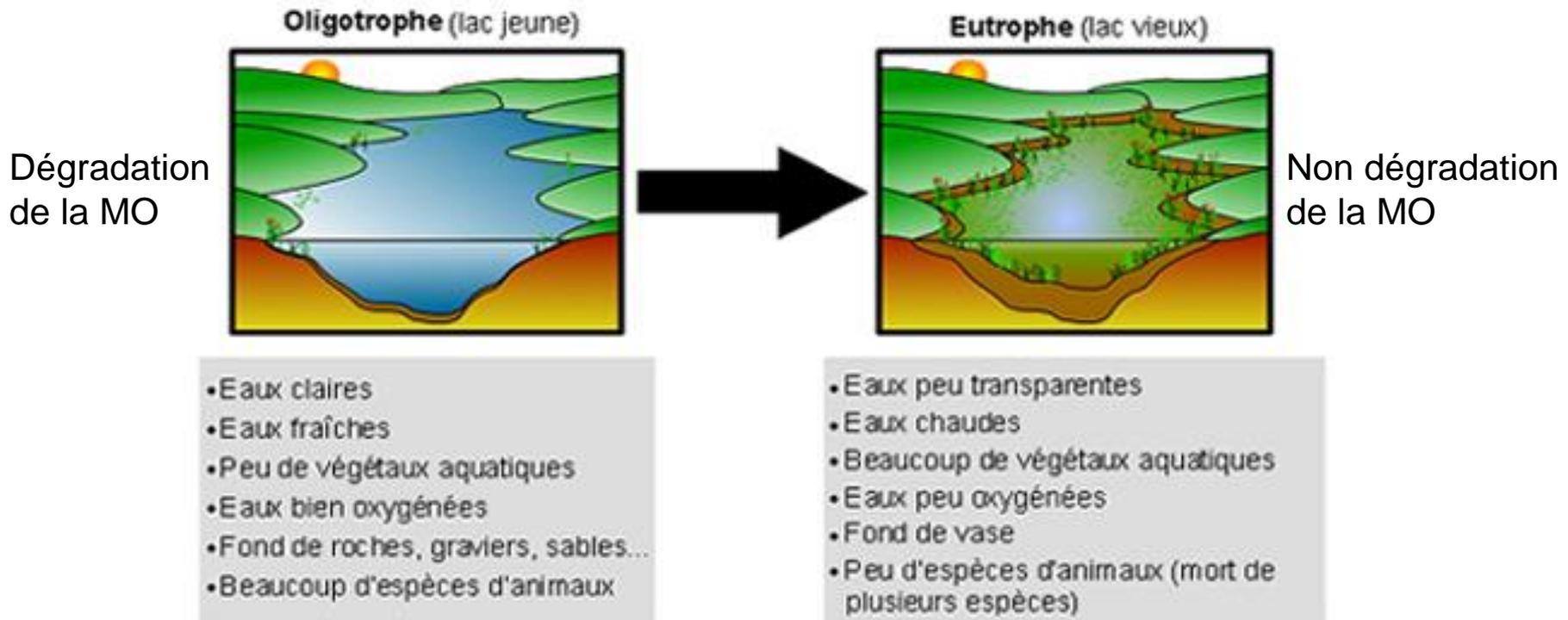
Etat trophique du lac

L'état trophique d'un lac reflète l'équilibre physique, chimique et biologique de son écosystème et en particulier sa capacité à dégrader la matière organique (allochtone ou autochtone)

Les lacs

Etat trophique du lac

Processus naturel : **dizaines de milliers d'années**
Processus accéléré par les activités humaines : **dizaines d'années**

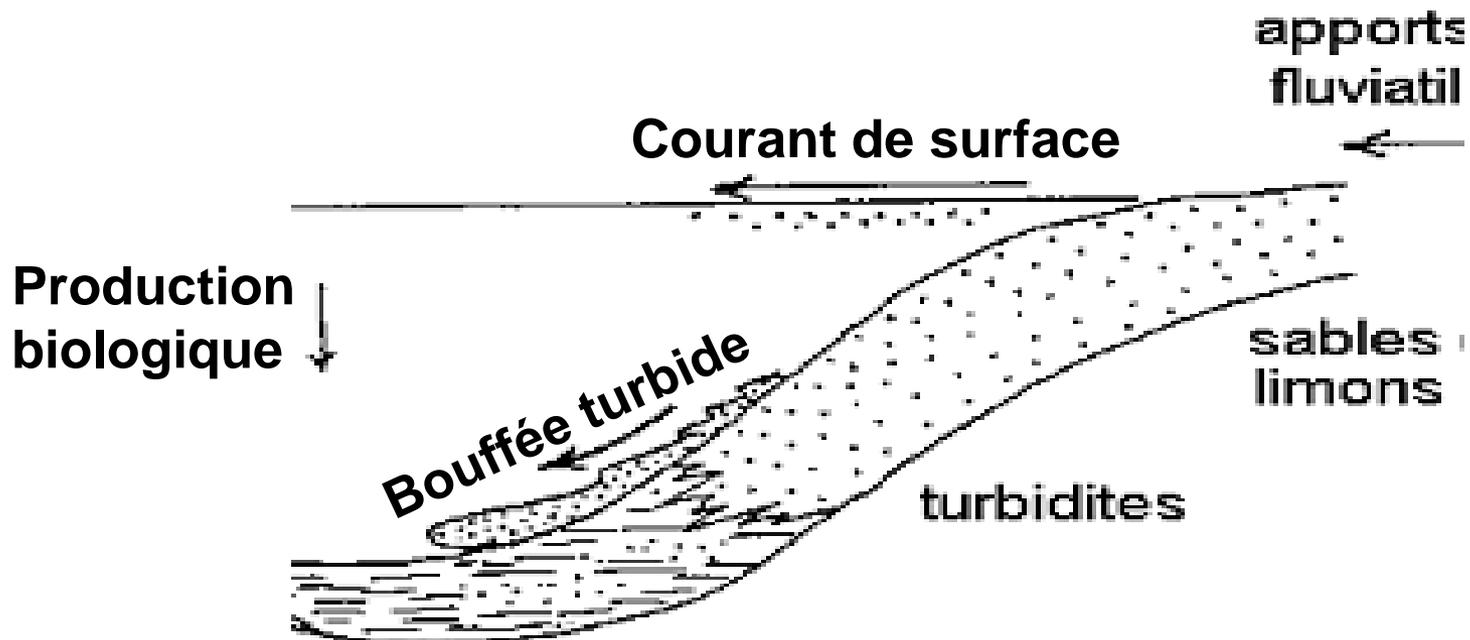


Les lacs

Sédimentation dominante

- détritique :

lac oligotrophe dont le bassin versant est affecté par l'érosion mécanique (rugosité du relief, climat, nature de la roche,...)



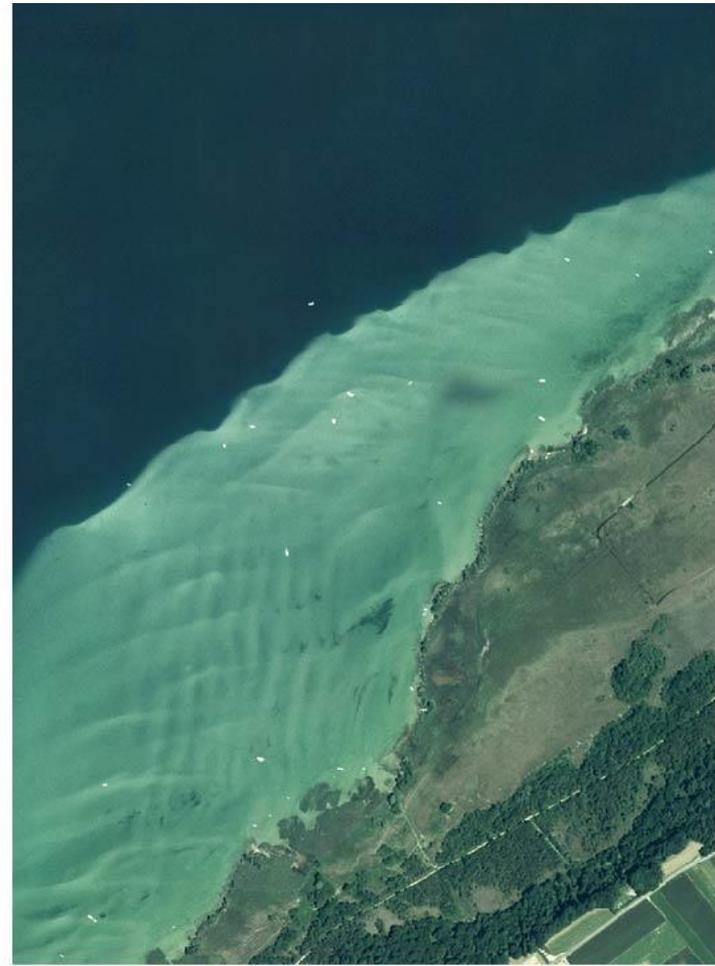
Les lacs

Sédimentation dominante

- biochimique :

lac oligotrophe alimenté par des apports en solution (carbonates, évaporite) => précipitation physico-chimique (sursaturation) ou biologique

Lac à beine



rivage		littoral		pélagique	
zone épilittorale	zone supra-littorale	zone eu littorale	rive	zone infralittorale	
		marais tourbeux		beine	
					talus zone prof.



Forêt riveraine :
Bouleaux,
Peupliers,
Aulnes,
Saules



Phragmitaie (*Phragmites communis*)



Nupharaie (*Nymphaea alba*)



Potamaie (*Potamogeton perfoliatus*)



Laïches (*Carex elata*)



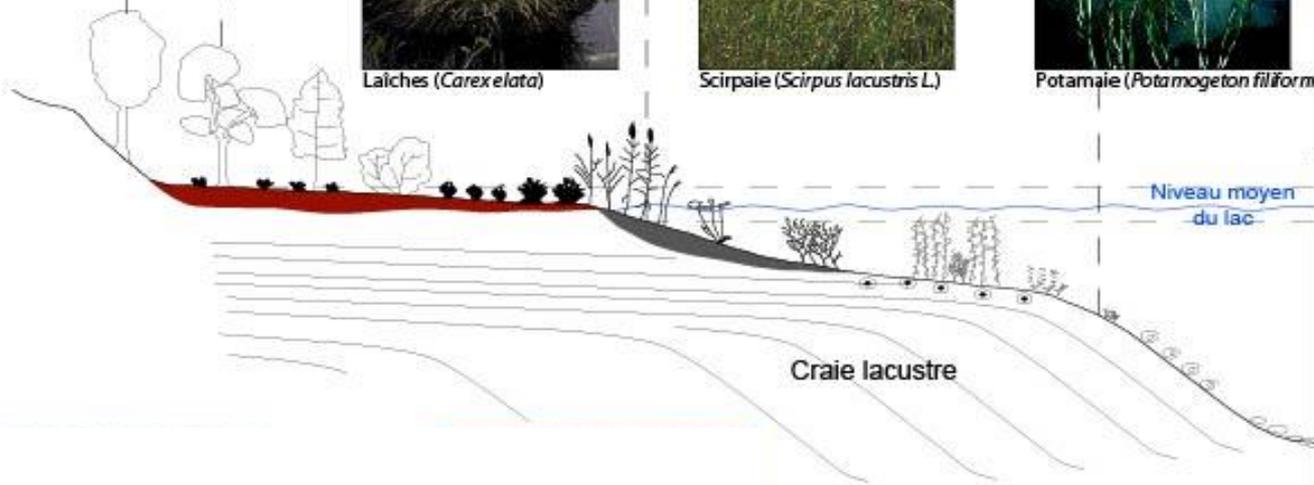
Scirpaie (*Scirpus lacustris L.*)



Potamaie (*Potamogeton filiformis*)



Charaie (*Characeae*)



Niveau moyen du lac

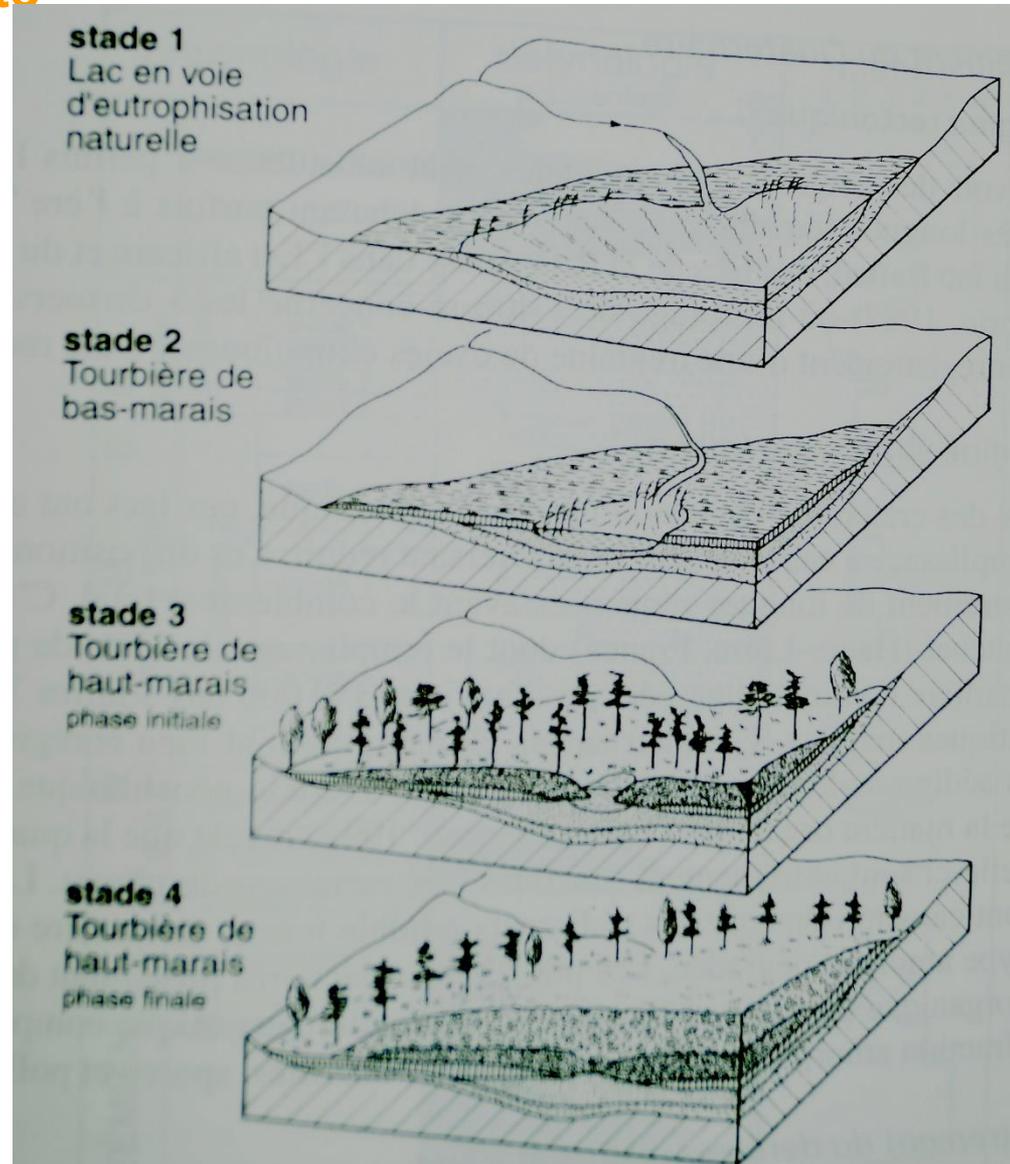
Craie lacustre

Les lacs

Sédimentation dominante

- organique :
lac eutrophe où

l'apport et la production de MO est supérieur à ce qui est consommé par les organismes (herbivores, décomposeurs) : souvent du à l'absence d'O₂ nécessaire à la respiration des organismes.

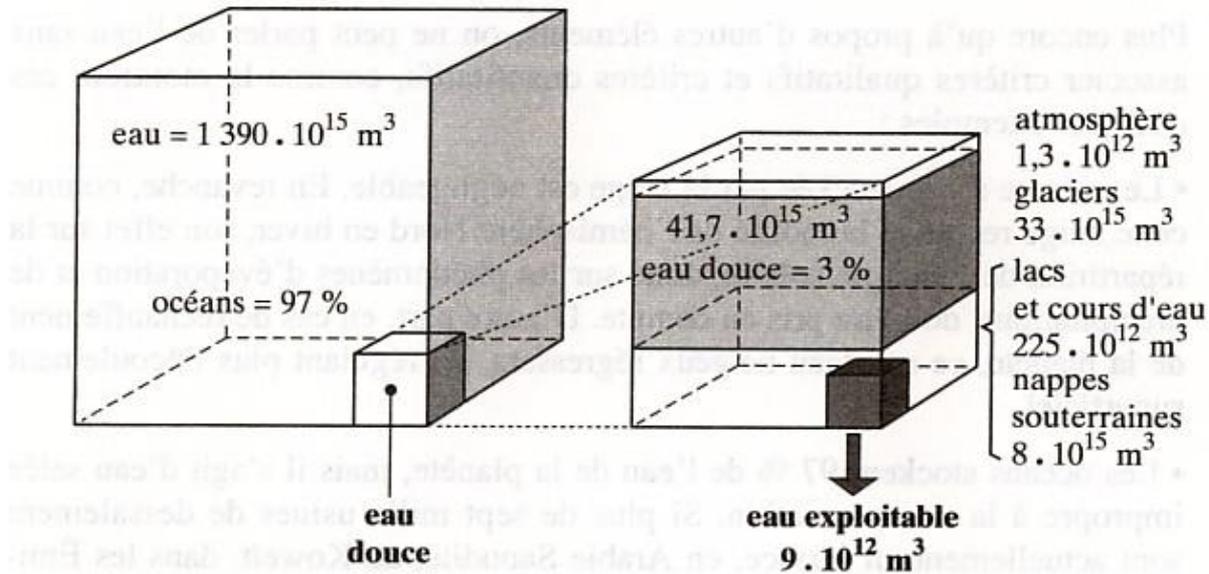


Les océans

Planète bleue:

70 % de sa surface est couverte par les mers et les océans (environ 85 % au Crétacé, il y a 85 Ma ...).

Cela représente une surface de 362 millions de km² et 1,35 milliards de km³ d'eau !!!



Les océans

▶ Le Pacifique

165 millions de km², prof. Moyenne 4280 m.

Contient la moitié des eaux océaniques, couvre 1/3 de la surface du globe, et occupe la moitié de la circonférence de la Terre dans sa partie la plus large.

▶ L'Atlantique

82 millions de km², prof. Moyenne 3930 m.

Plus étroit et ouvert au N et au S sur les bassins polaires.

▶ L'Océan Indien

73 millions de km², prof. Moyenne 3960 m.

Hémisphère Sud, bordé au N par des masses continentales.

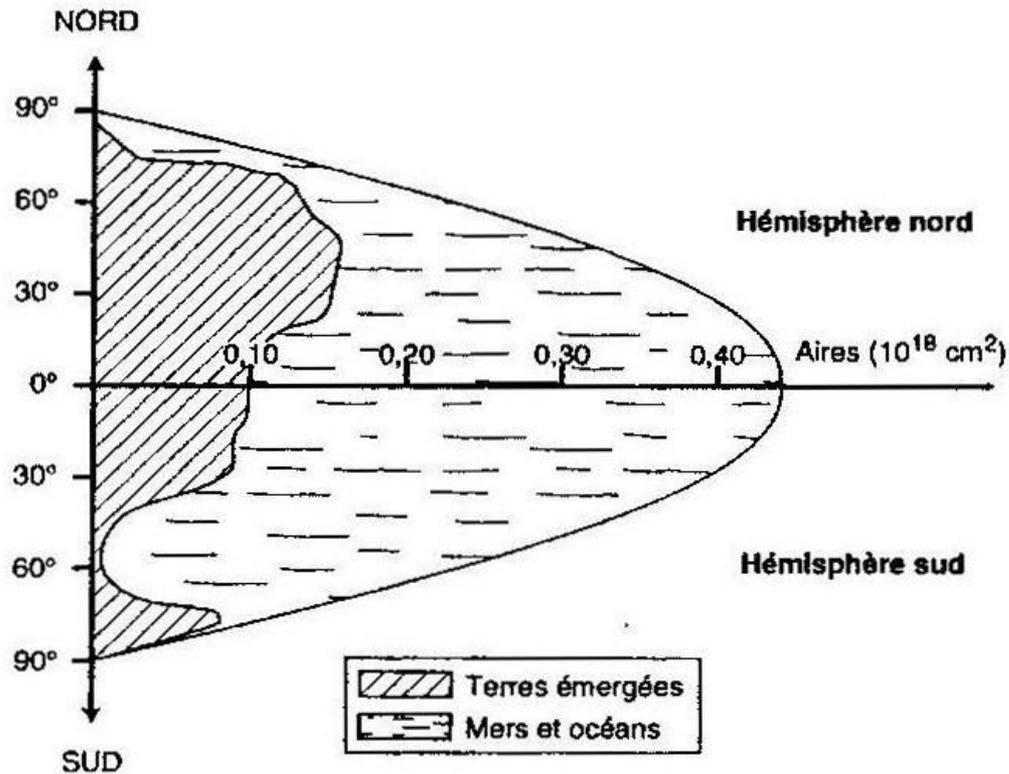
▶ Med + Mer Noire

3 millions de km², prof. Moyenne 1430 m.

Les océans

Répartition des océans:

L'hémisphère Nord contient en proportion plus de terres émergées que l'hémisphère Sud.

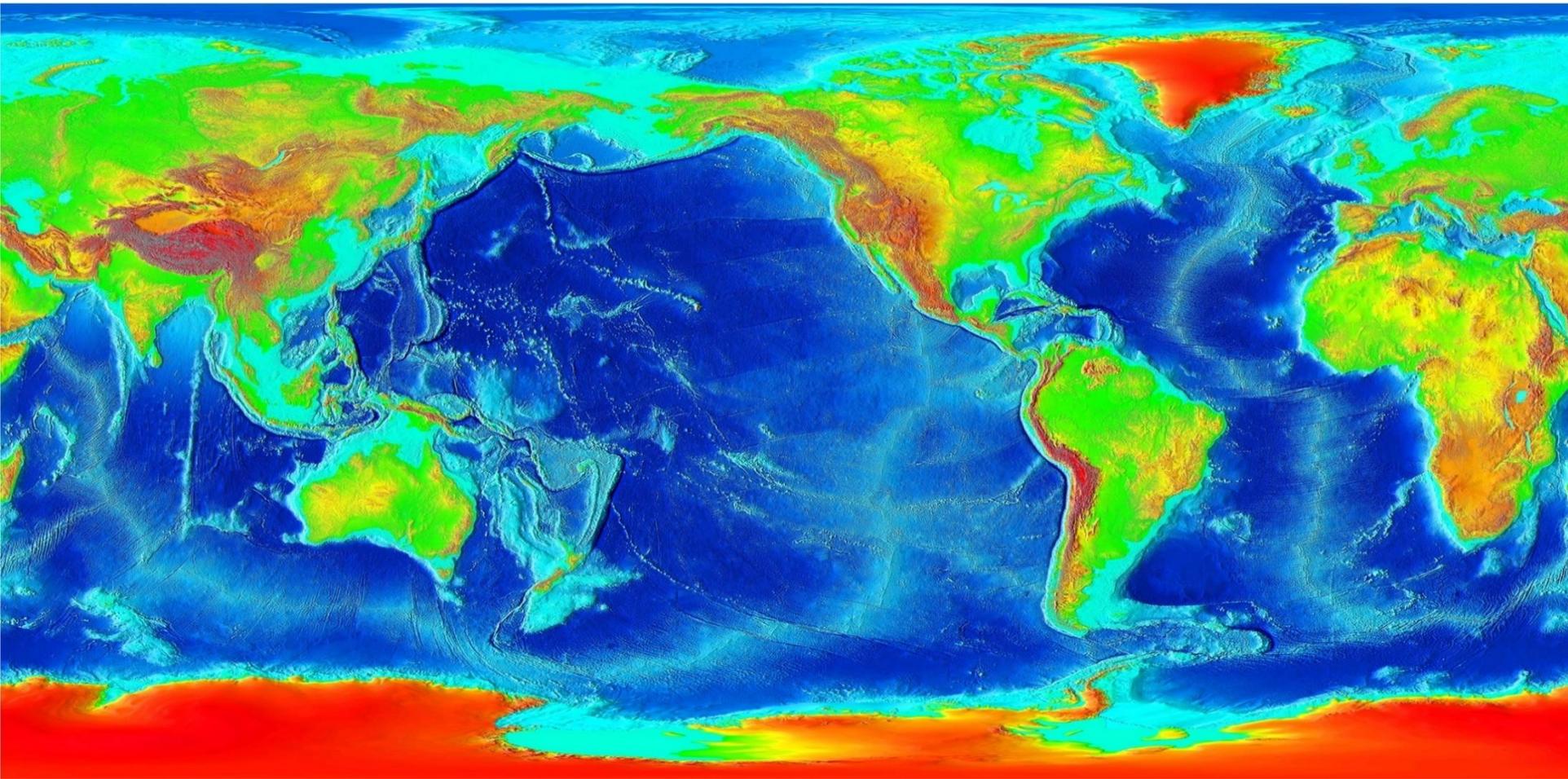


Répartition comparée de la superficie des océans et des terres émergées par latitude (d'après Tardy *in* Caron *et al.*, 1992).

Les océans

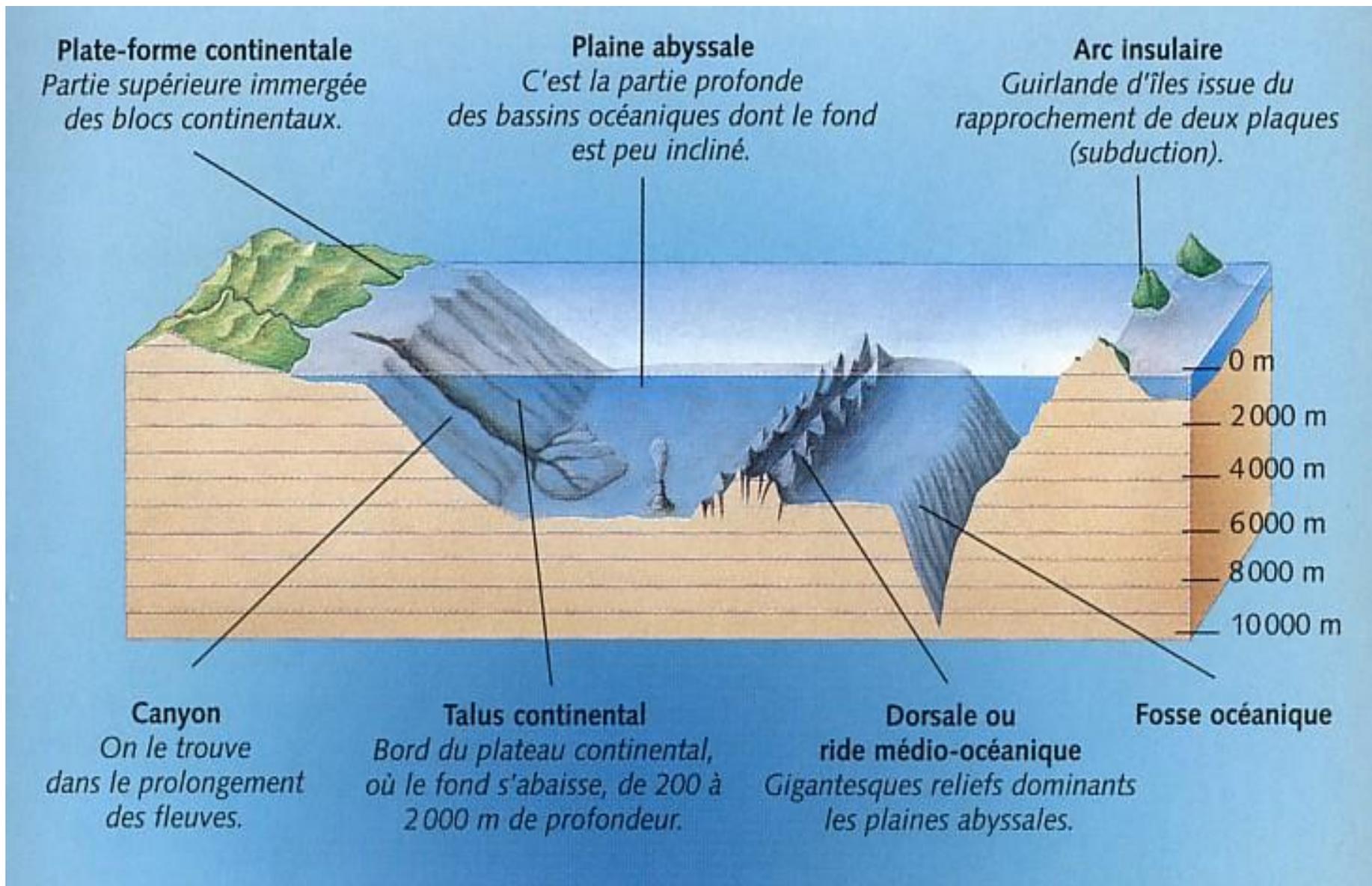
Les reliefs sous-marins

Profondeur moyenne : 4500 m



Les océans

Les reliefs sous-marins



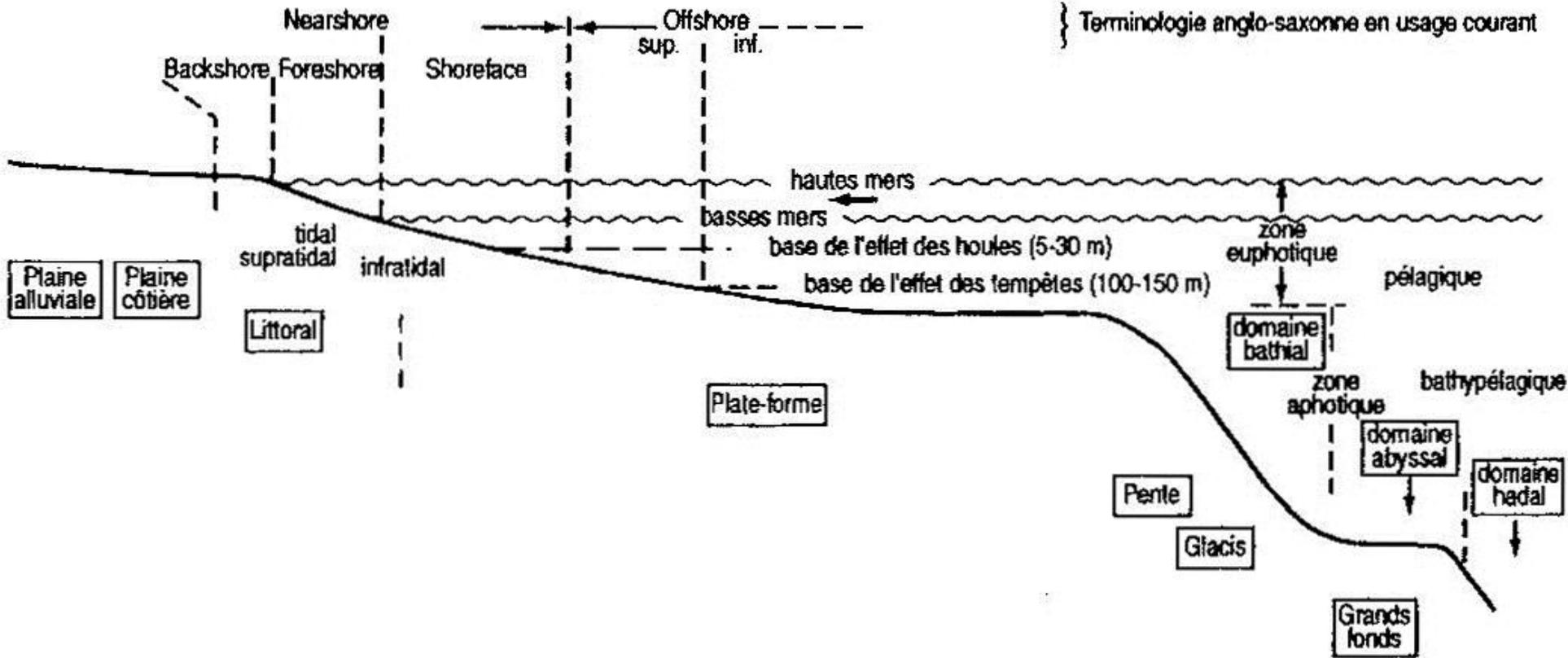
Les océans

Les reliefs sous-marins



Les océans

Les reliefs sous-marins



Notion d'étagement bathymétrique :
les zonations en fonction de la profondeur d'eau.

In Biju-Duval et Savoye (2001)

Les océans

L'âge des océans

- ✓ Pendant 700 millions d'année: corps célestes (chondrites carbonés)
- ✓ Condensation brutale d'une atmosphère de CO₂ et vapeur d'eau quand T° < 200° C
- ✓ Masses océaniques disparaissent x fois avant de se stabiliser vers 3.9 milliards d'années (fin bombardement météorite)

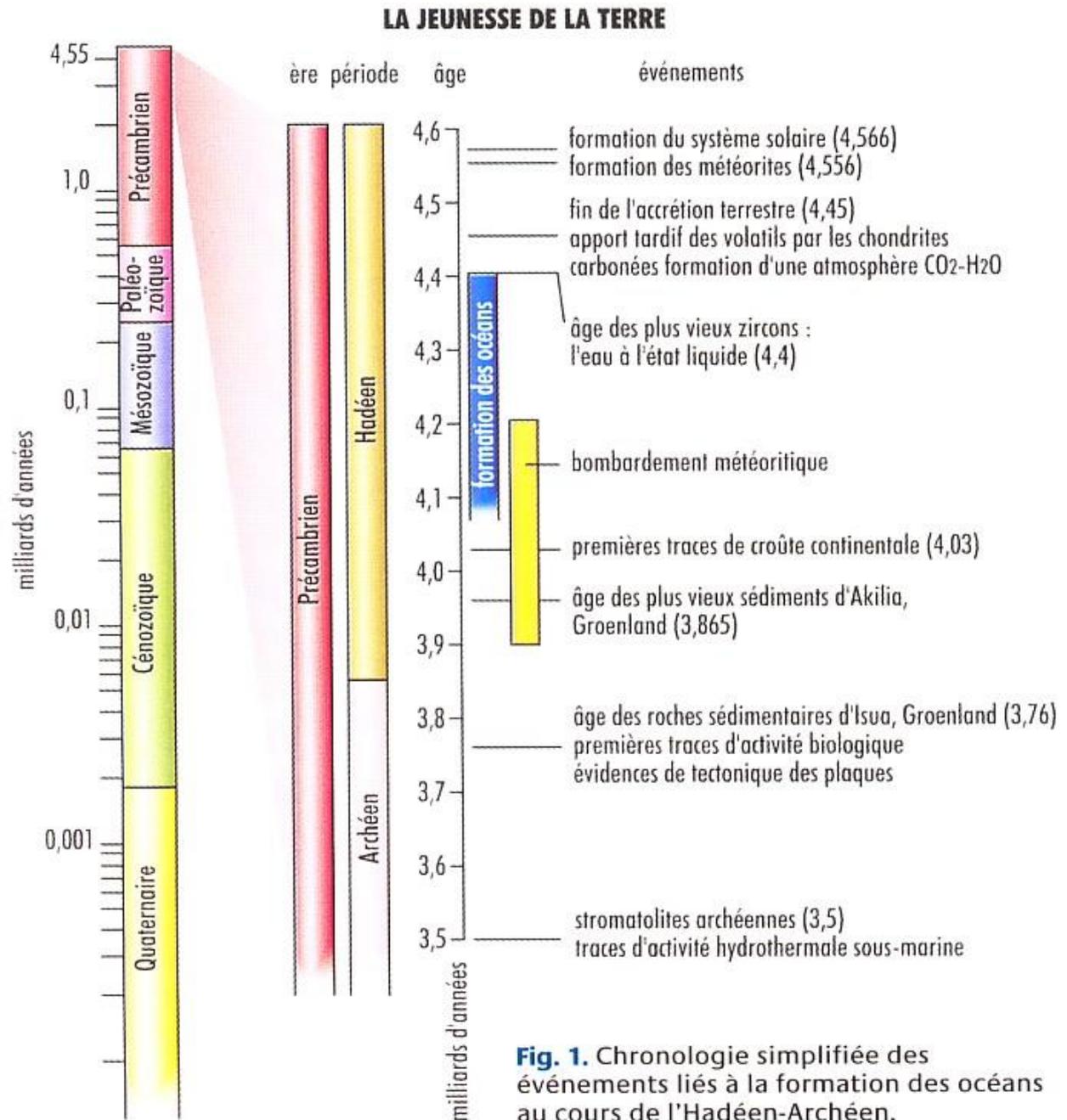


Fig. 1. Chronologie simplifiée des événements liés à la formation des océans au cours de l'Hadéen-Archéen.

Les océans

Le sel des océans : 3,4 à 3,5 %

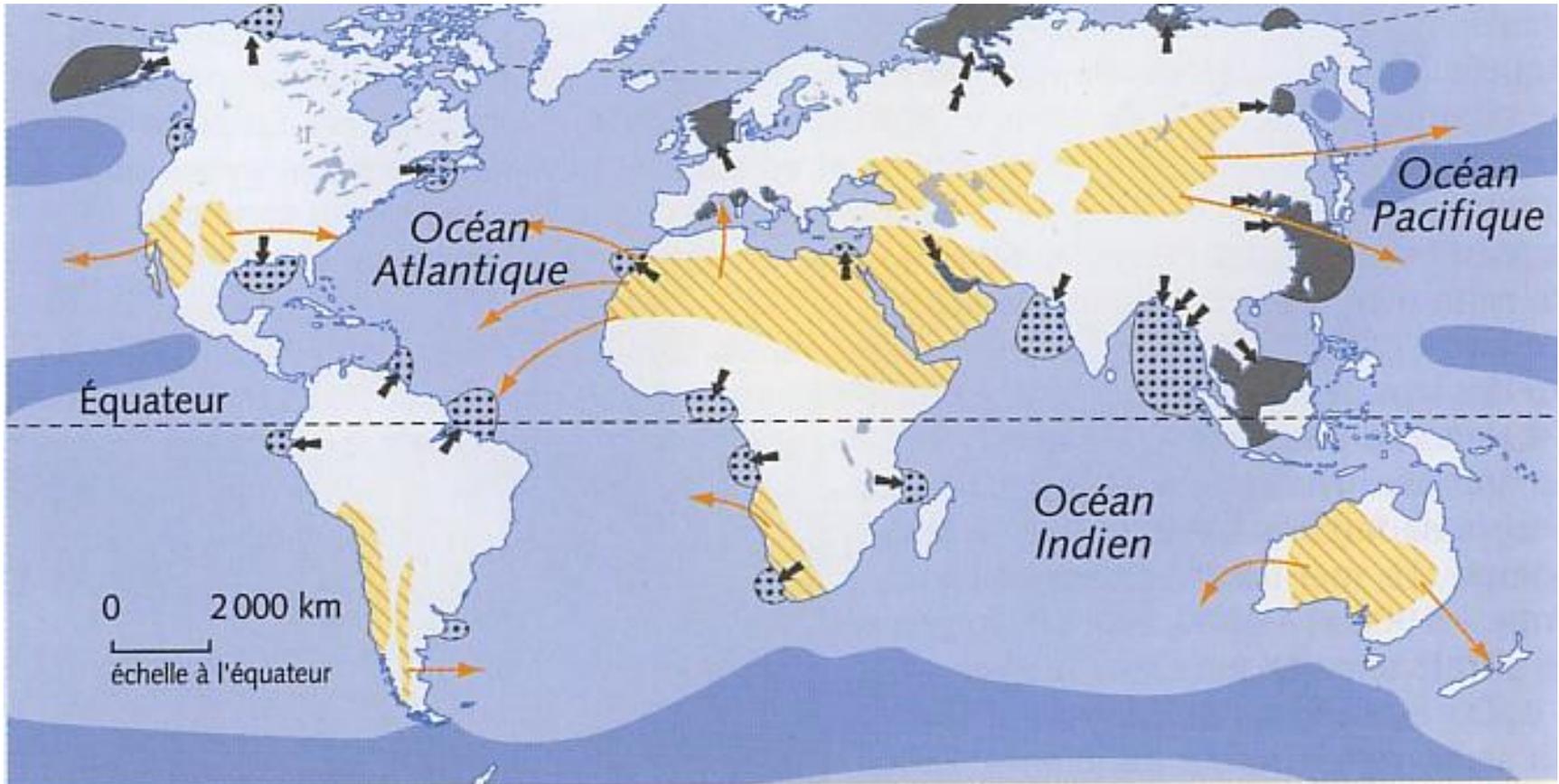
LE SEL EN QUELQUES CHIFFRES			
Élément	Concentration dans l'eau de mer (g/kg)	Sources	Puits
Chlore	18,97	Volcanisme, rivières	Sédimentation (NaCl), rejet dans l'atmosphère
Sodium	10,55	Rivières	Sédimentation (NaCl), rejet dans l'atmosphère
Sulfates	2,65	Volcanisme	Dépôt/rejet dans l'atmosphère
Magnésium	1,27	Rivières	Adsorption par l'argile
Calcium	0,4	Volcanisme, rivières	Squelette micro-organismes marins/sédimentation (calcite)
Potassium	0,38	Rivières	Adsorption par l'argile



Les océans

Le sel des océans :
évolue avec les échanges

- ✓ Haute mer: entre 3.3% (équateur) et 3.7% (tropiques)
- ✓ Mers fermées: Méditerranée (3.8 à 3.9%), Mer rouge (4 à 4.1 %), Caspienne (1.3%)



Grands épandages détritiques côtiers et sous-marins

- | | | |
|-----------------------|---|---------------------------------|
| Dépôts de plate-forme | Régions désertiques et semi-arides | Sédimentation siliceuse biogène |
| Éventails profonds | Mouvements de poussières éoliennes vers l'océan | |

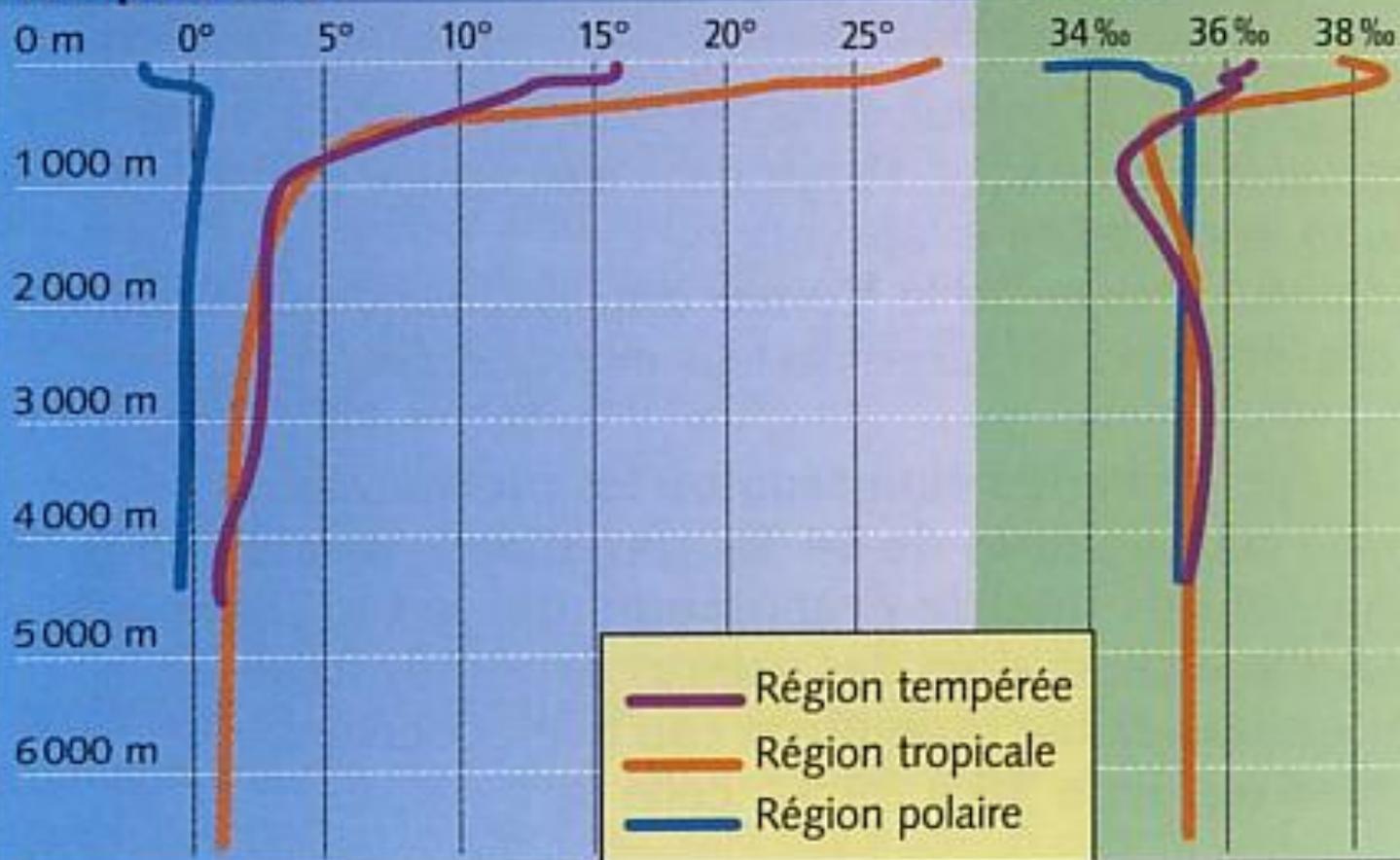
Les océans

La température des océans :

Variation de la température et de la salinité en fonction de la profondeur

Température

Salinité



thermocline

Les océans

La température des océans :

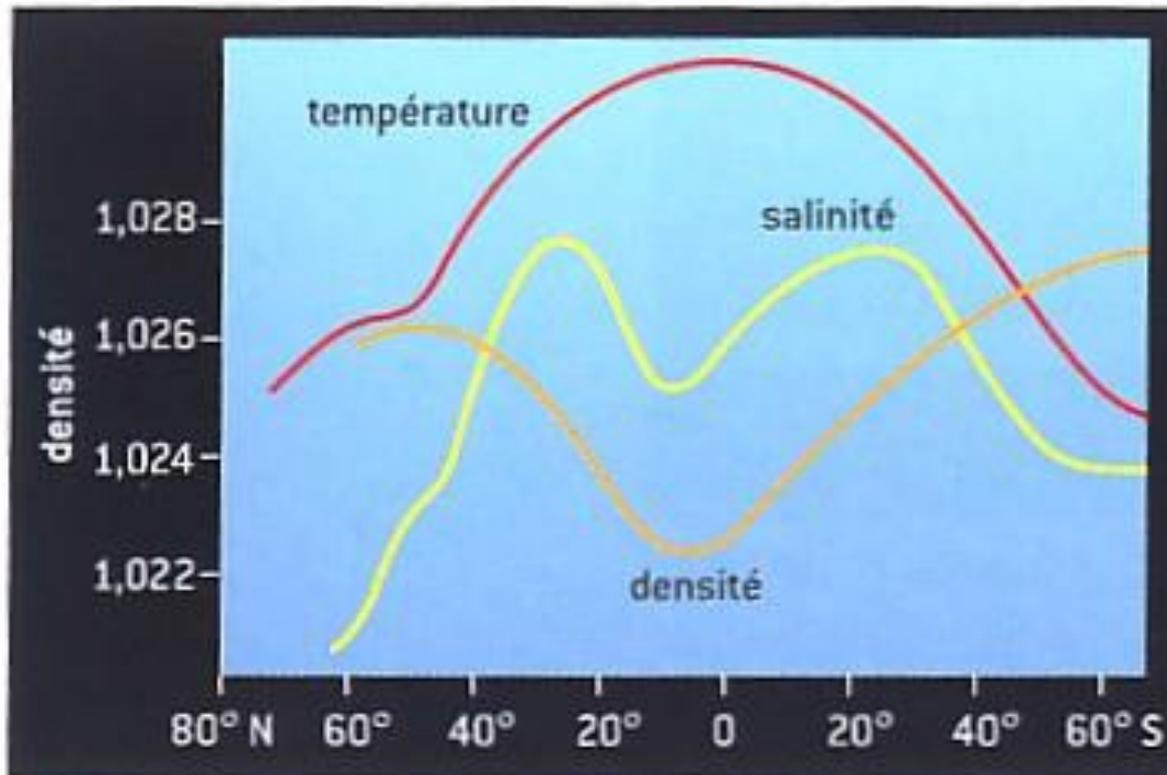
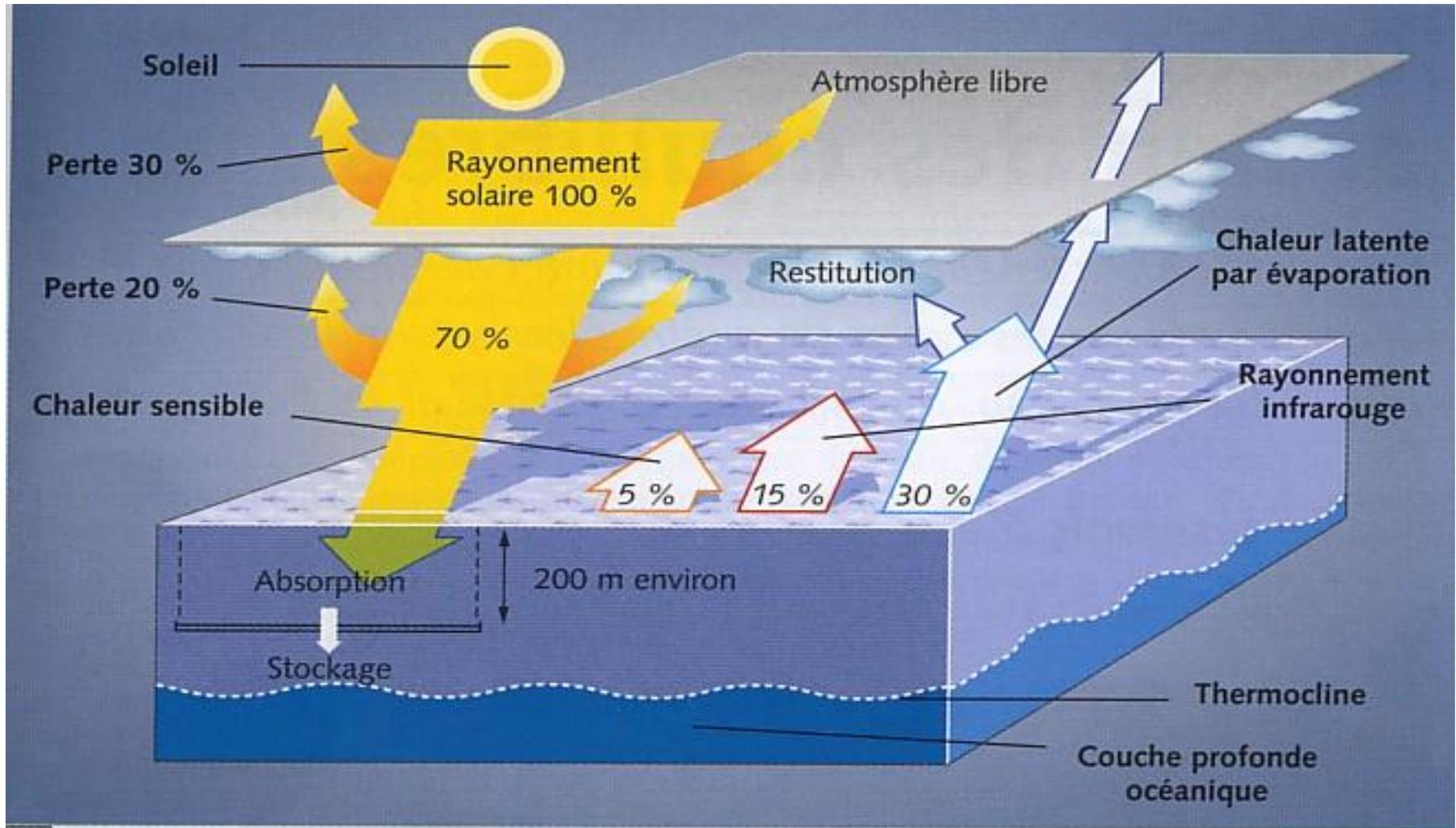


Fig. 46 Variations de la température, de la salinité et de la densité des eaux superficielles océaniques. L'évolution de la température est, en gros, identique à celle de la salinité (sauf dans la zone équatoriale), mais inverse de celle de la densité.

Les océans

La température des océans :



Les échanges océan-atmosphère. Absorbant le rayonnement solaire en surface pendant la saison chaude, l'océan le stocke en profondeur quand le froid arrive. Il peut alors restituer la chaleur à l'atmosphère sous différentes formes.

Les océans

La température des océans :

L'océan thermostat avec l'atmosphère

- ✓ Rôle de régulateur thermique
- ✓ Libération de chaleur dans l'atmosphère
- ✓ Rôle de diffuseur du rayonnement solaire

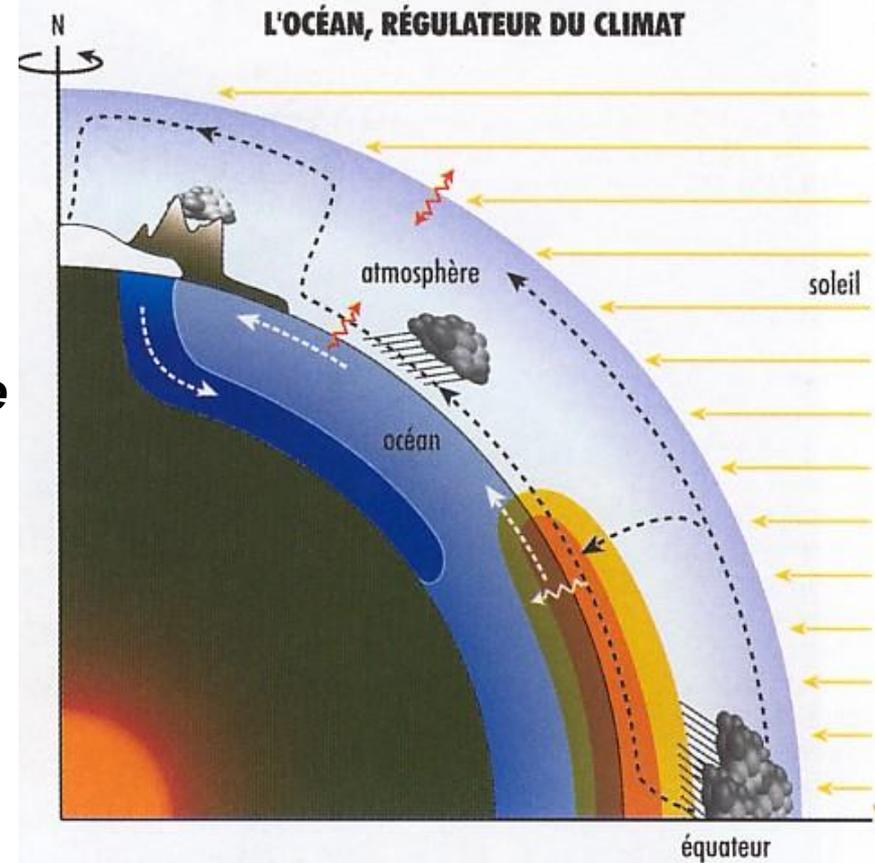


Figure 3. A l'origine de cette gigantesque machinerie se trouve un déséquilibre thermique. Pour compenser l'excès de chaleur reçu sous les Tropiques, les masses fluides s'activent : des mouvements de convection transportent la chaleur de l'équateur vers les pôles (et réciproquement). Partenaires indissociables de cette redistribution, l'océan et l'atmosphère ne fonctionnent pas de la même façon. Opaque aux rayonnements solaires, l'océan se réchauffe en surface. Sa masse imposante et sa capacité thermique expliquent sa grande stabilité. En regard, l'atmosphère est volage et réactive.

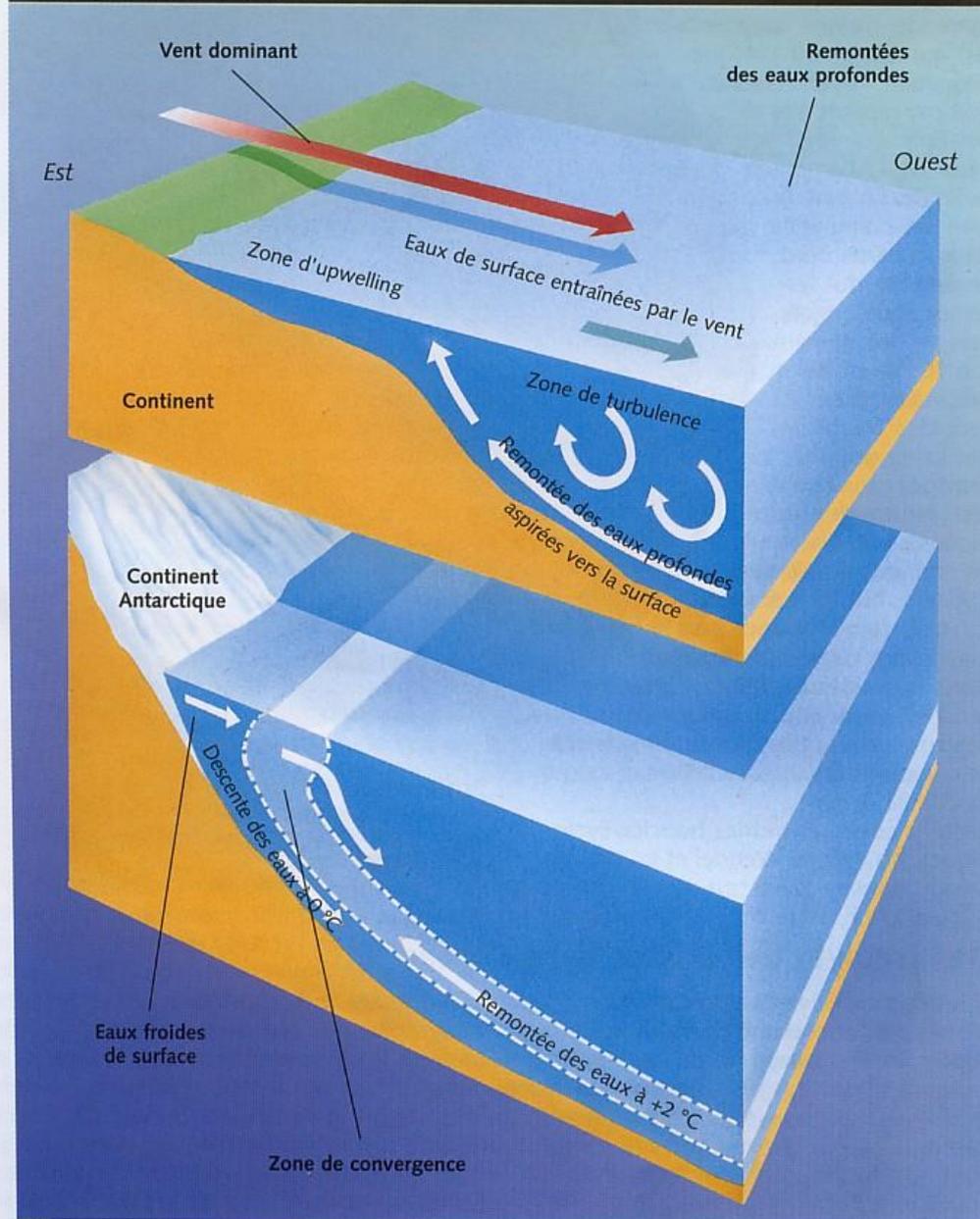
Les océans

Les circulations océaniques :

L'upwelling

- ✓ Courant vertical
- ✓ Appel d'eau profonde
- ✓ Courants ascendants
- ✓ Remontée de nutriments

Le tapis roulant des océans

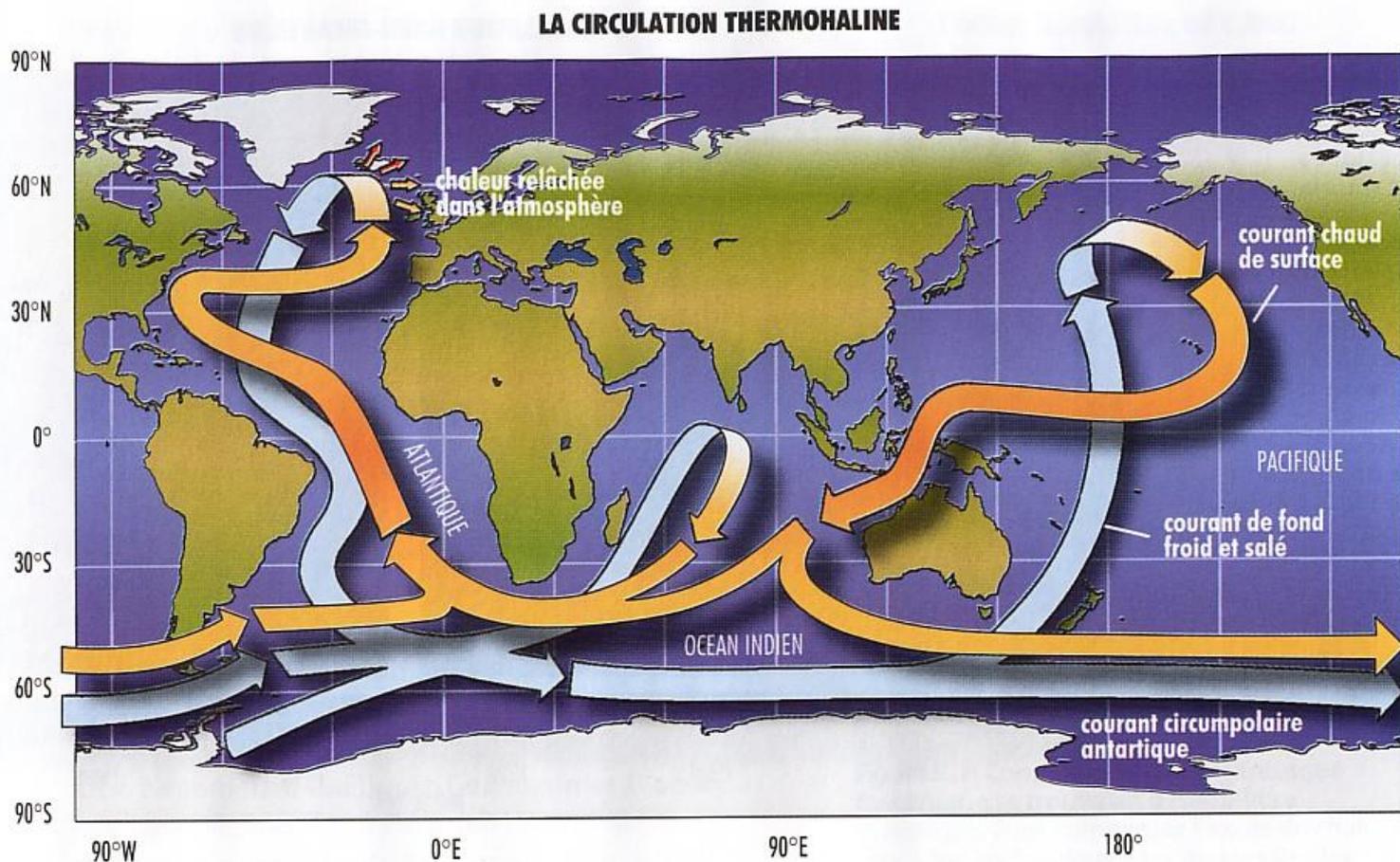


Entraînées par les vents dominants, les eaux de surface qui s'écartent des bords occidentaux des continents créent un appel d'eaux profondes. Le cas de l'Antarctique est différent: en surface, c'est la plongée d'eaux froides et denses qui s'accompagne d'une remontée d'eaux profondes.

Les océans

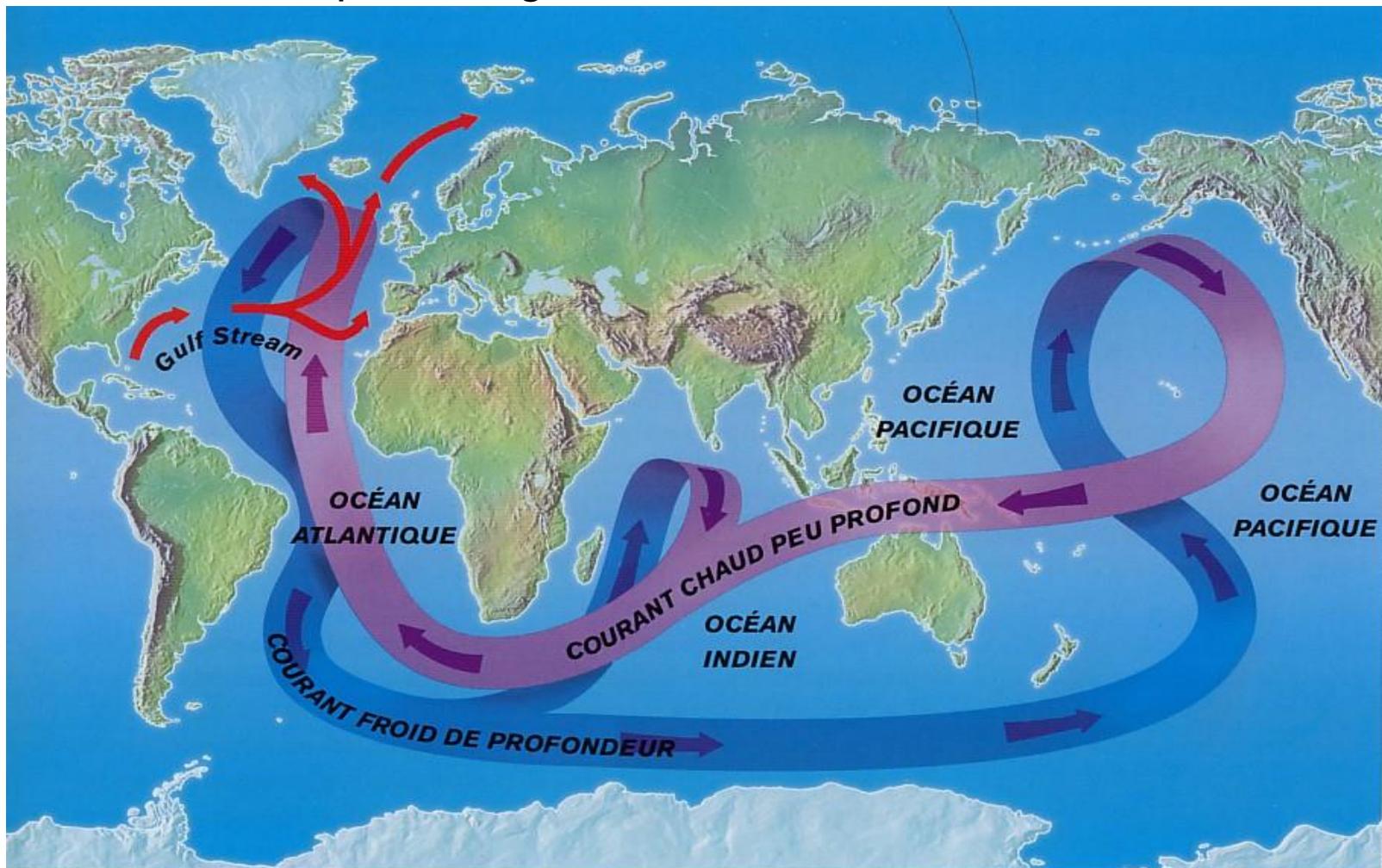
Les circulations océaniques : plus ou moins profonde

Figure 1. La circulation thermohaline est un vaste mouvement de convection qui brasse l'ensemble des eaux du Globe. En schématisant à l'extrême, elle peut être représentée par un gigantesque tapis roulant. La branche profonde circule de l'océan Atlantique nord vers les océans Indien et Pacifique tandis que la branche superficielle ramène les eaux chaudes vers la mer de Norvège. Localement, les courants marins sont influencés par la géométrie des bassins océaniques et par la force de Coriolis* liée à la rotation terrestre. La vitesse moyenne des courants profonds est très faible, de l'ordre du mm/s. Ainsi, les eaux descendront l'Atlantique en une centaine d'années. Le transit complet nécessite près de mille ans.



Les océans

Les circulations océaniques : gulf stream



Ci-dessus Les eaux chaudes de surface remontent l'Atlantique vers le nord, puis elles s'enfoncent, se refroidissent et redescendent vers l'océan Antarctique

qu'elles traversent avant de remonter vers le nord dans le Pacifique où elles se réchauffent, remontent à la surface et regagnent l'Atlantique Nord.

Les océans

Les circulations océaniques :
de surface

