



UE Sciences de la Terre :
« Système Terre, Climat, Energies »
L1 – PCST
Physico-chimie et structure des océans

Christophe COLIN

Christophe.colin@universite-paris-saclay.fr



Plan

Introduction

I/ Propriété physiques des océans :
température, salinité et densité

II/ Origine des éléments chimiques

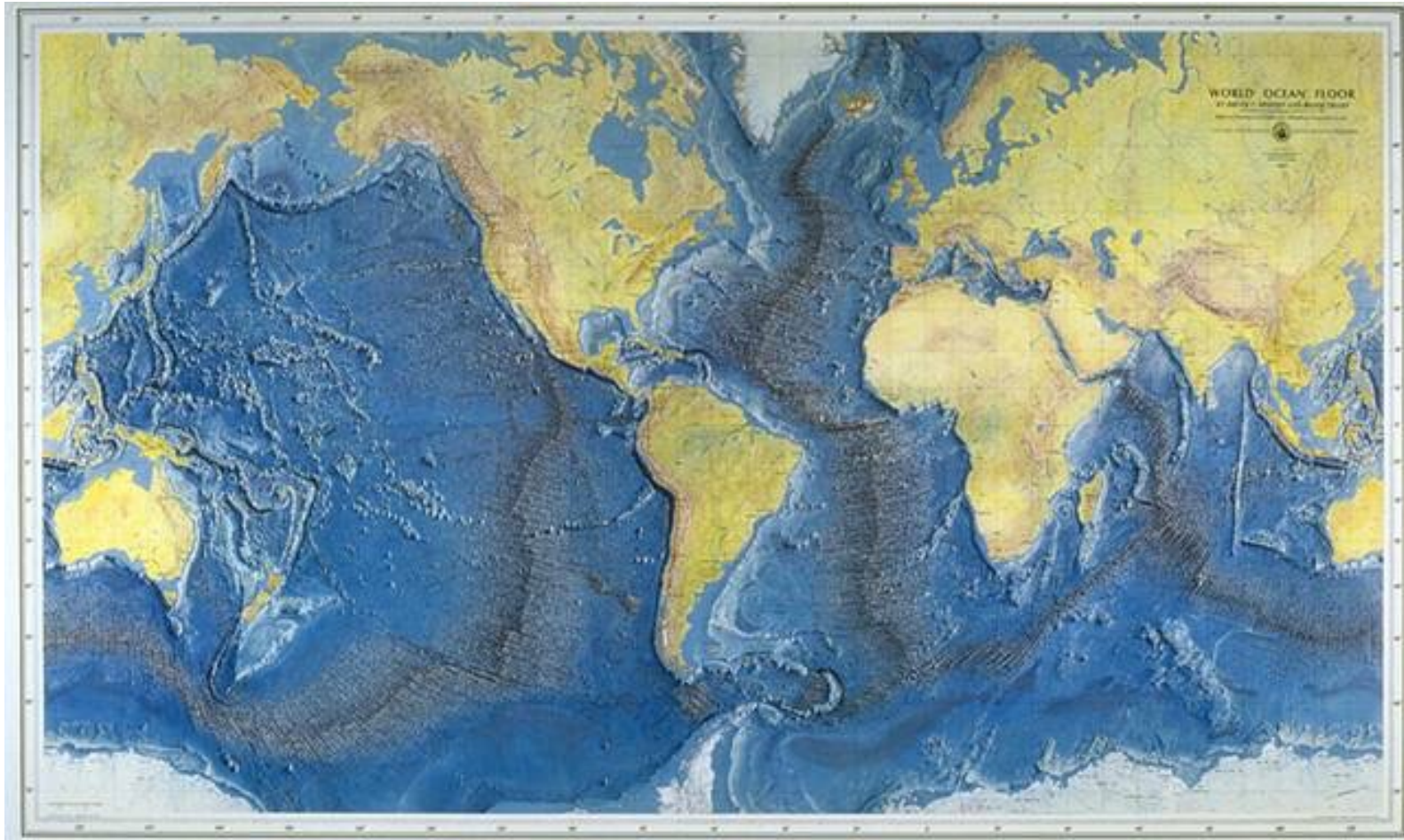
III/ Traceurs chimiques de la circulation
océanique : O_2 , CO_2 , Si dissous, ...

Introduction

Introduction

Morphologie des Océans

Les océans couvrent 70,8 % des surfaces terrestres



97,5 % d'eau de mer

2,5 % d'eau douce (69 % de glace 30 % d'eau souterraine / 0,3% d'eau douce dans les lacs, rivières)

Importances des Océans dans le système climatique

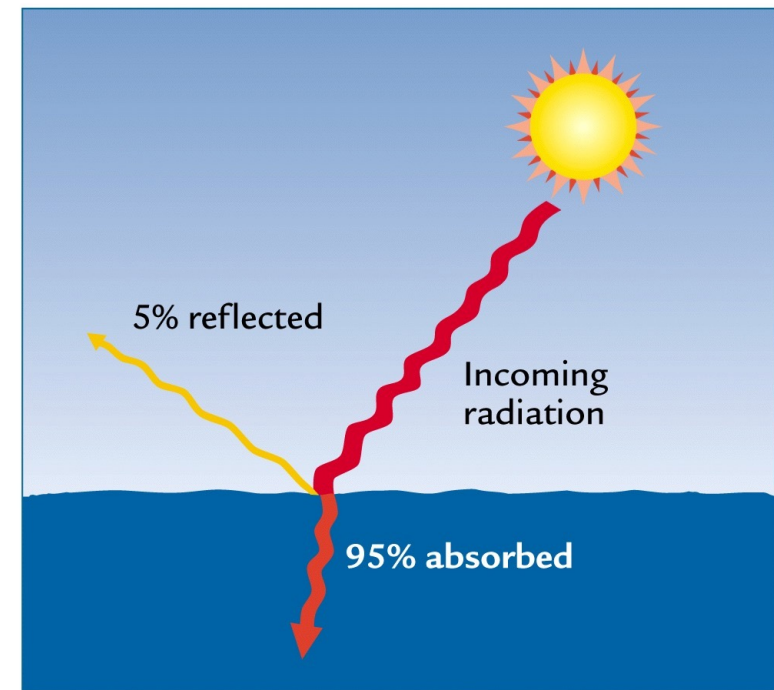
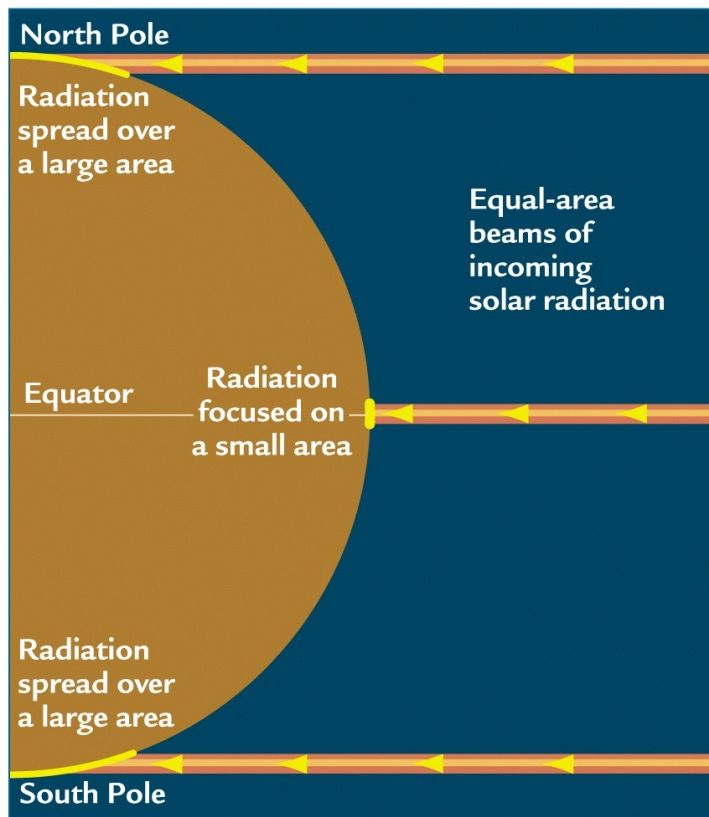
Redistribution de la chaleur à la surface du globe par les courants océaniques

Stockage du CO₂ : pompes biologique et physique du CO₂ de l'atmosphère

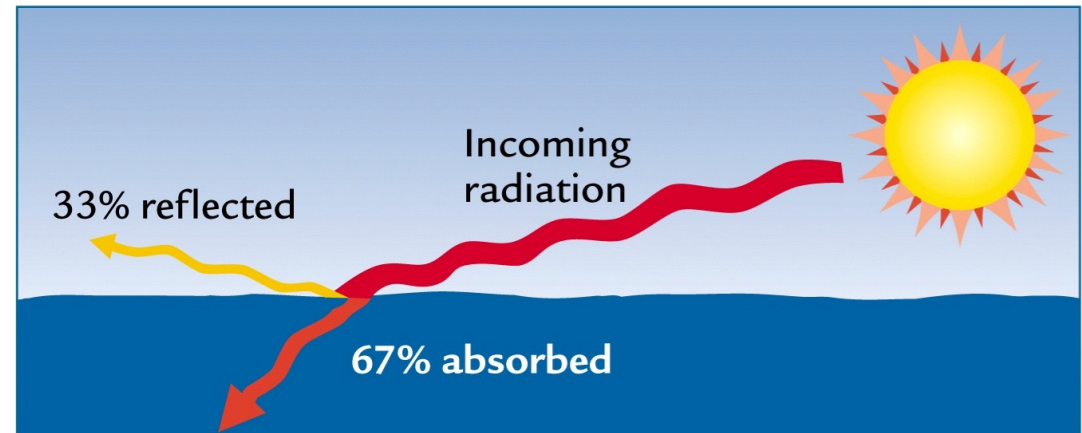
= Rétroactions importantes et encore mal connues sur le système climatique (sur le climat global de la Terre)

Propriété Physiques des océans : température, salinité et densité

Température

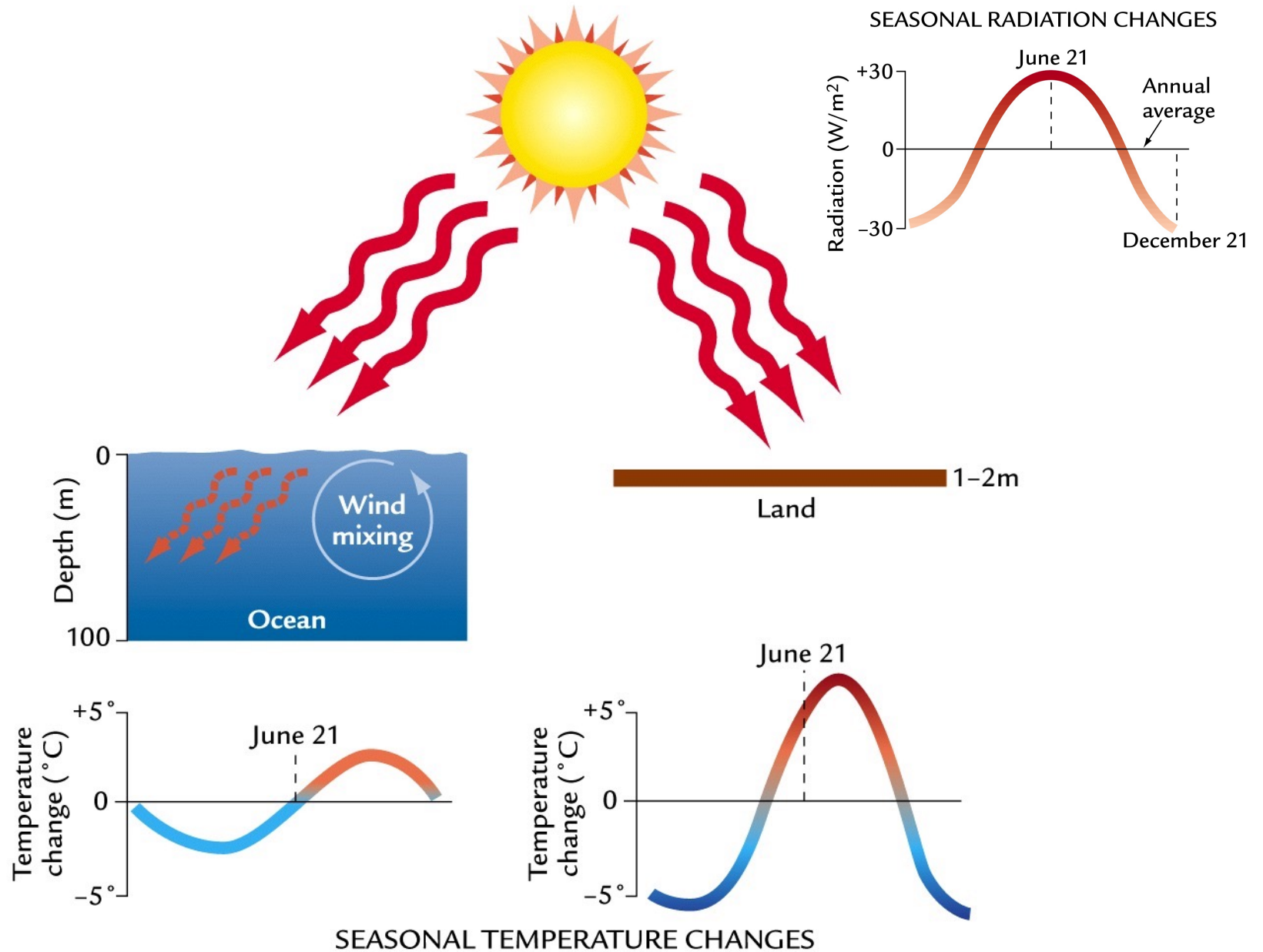


A Low latitude

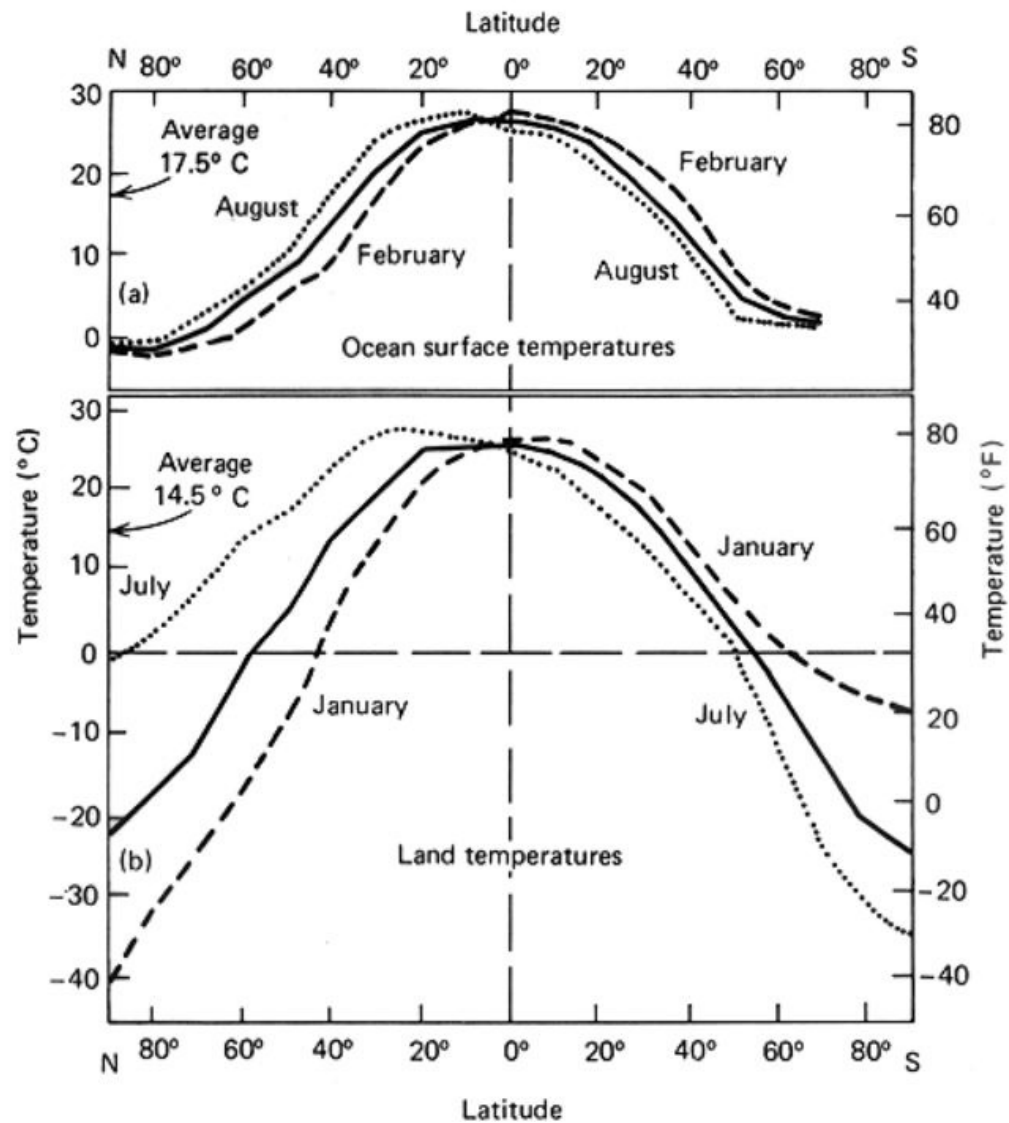


B High latitude

L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l'Océan.



L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l'Océan.



L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l’Océan.

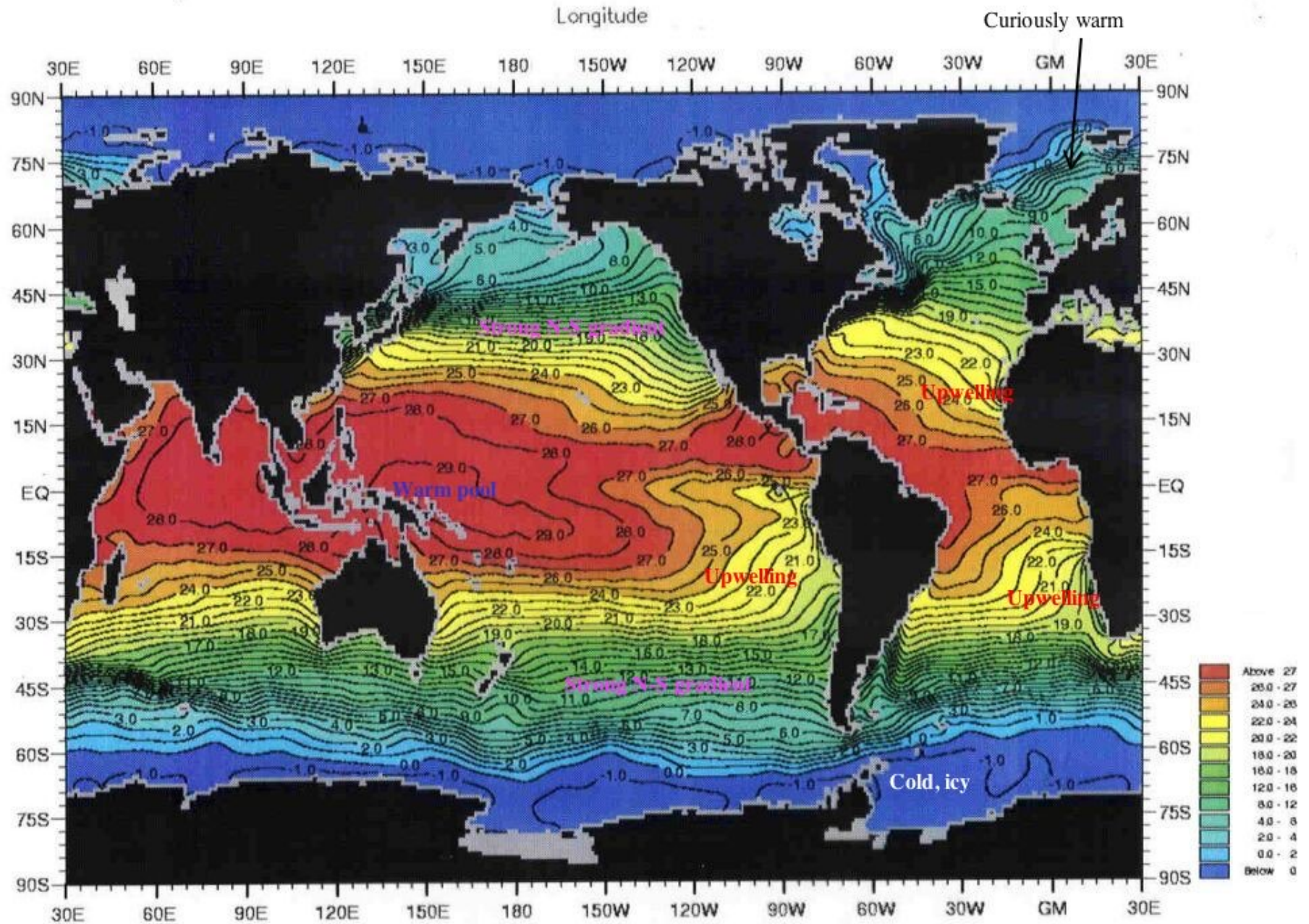
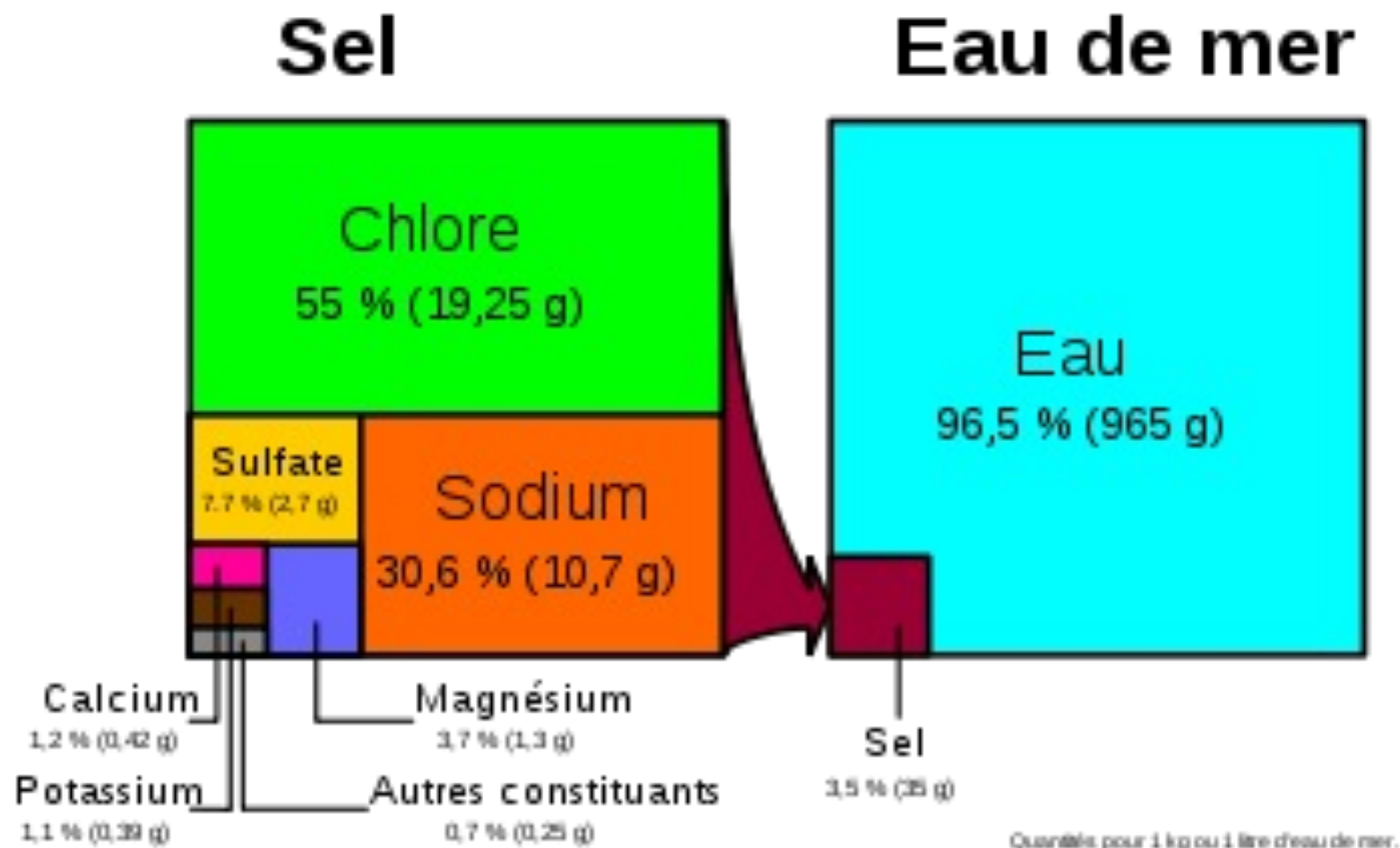


Fig. A2-2. Annual mean temperature (°C) at 10 m. depth .

Propriété Physiques des océans : salinité et température

Salinité



Salinité : s'exprime en g/kg ou en ‰

Loi de Dittnar (1884) : la proportion relative des éléments majeurs de l'eau de mer est constante

La chlorinité : masse en g d'halogénures (Cl^- , Br^- et I^-) contenue dans un kg d'eau de mer

$$S\text{‰} = 1,8065 \text{ Cl‰}$$

La chlorinité moyenne d'une eau de mer est de 19,7 ‰ (correspondant à une salinité de 35 ‰)

L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l’Océan.

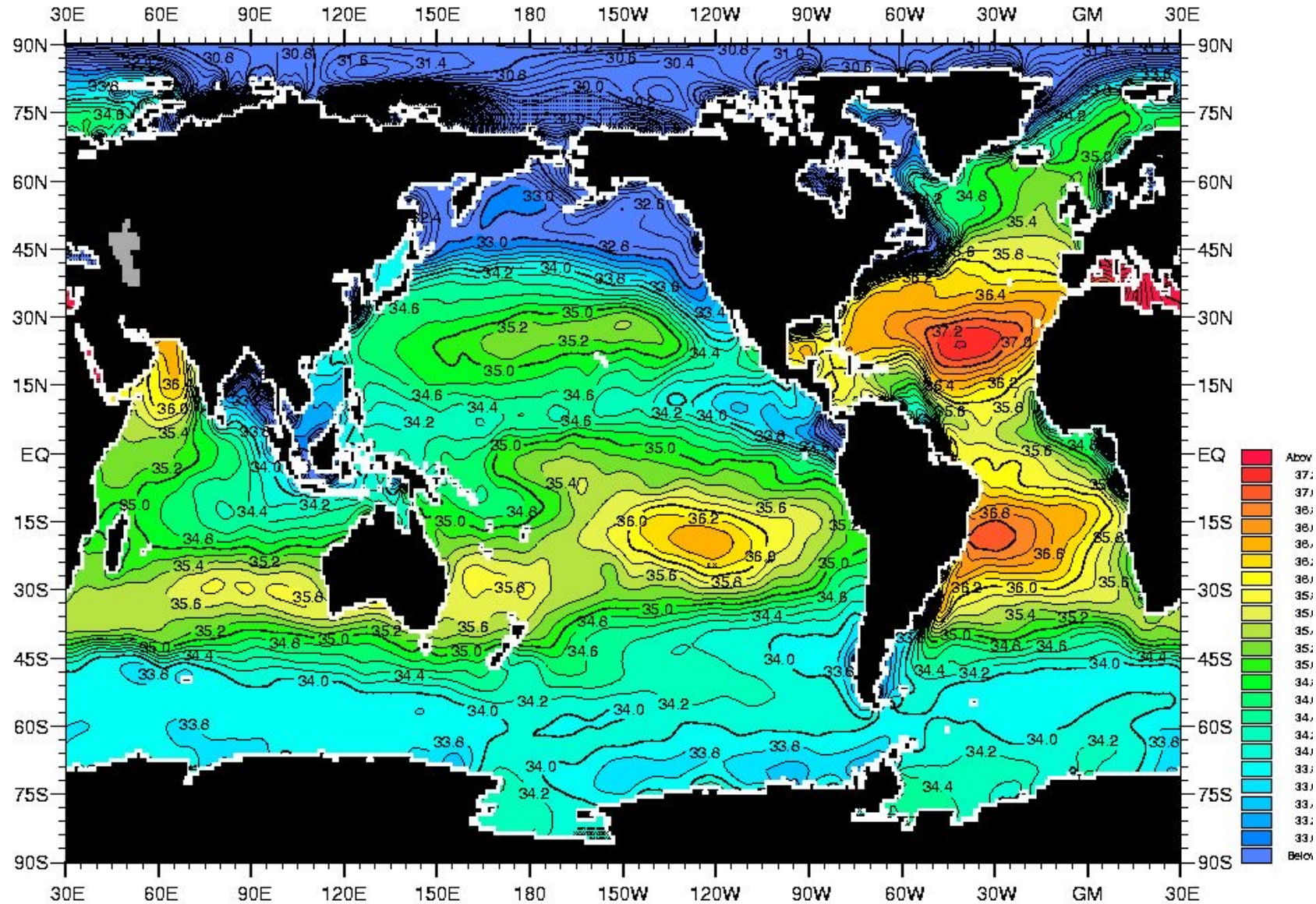
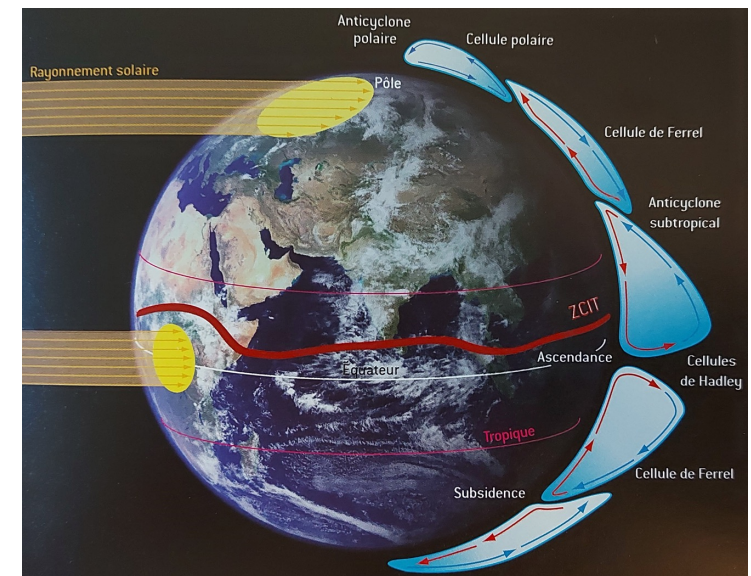
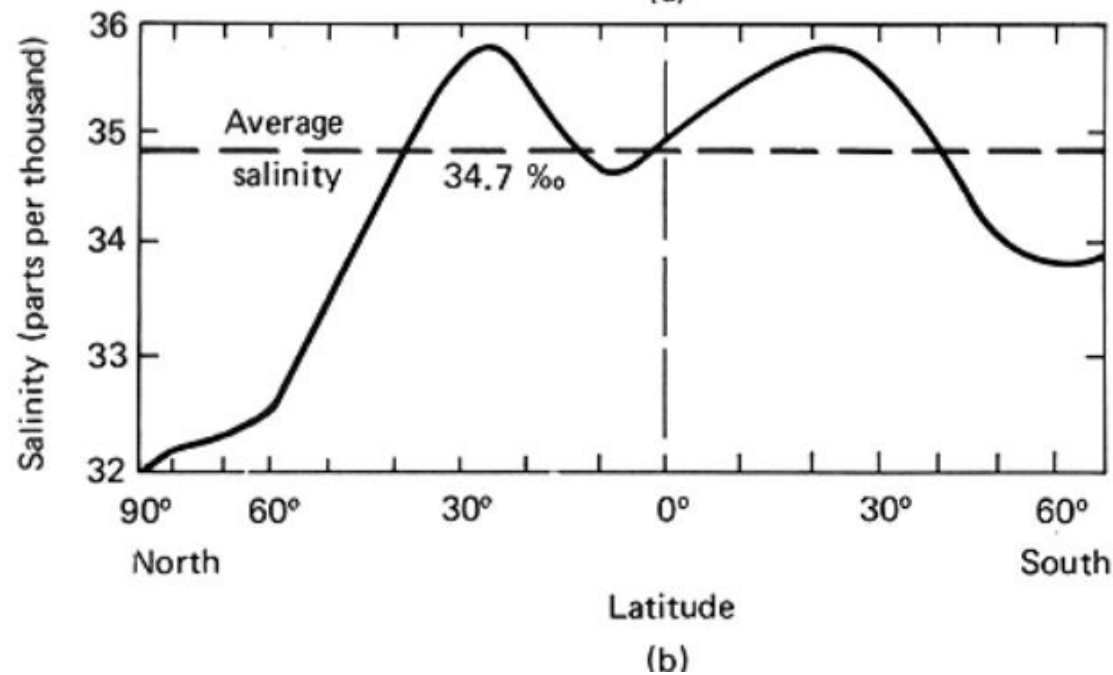
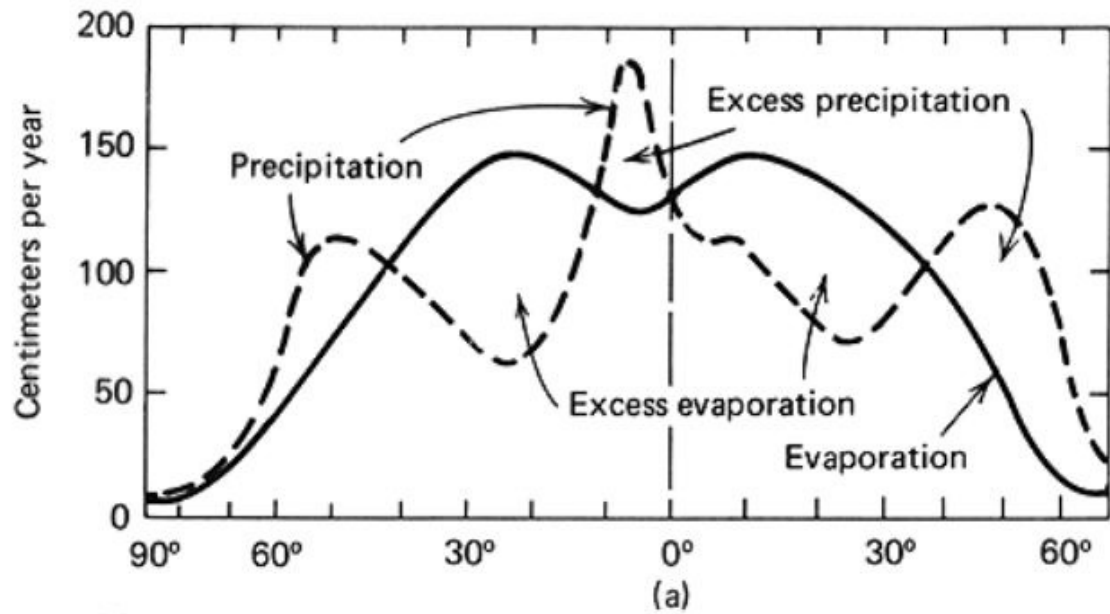


Fig. A2-1. Annual mean salinity (PSS) at the surface .

L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l'Océan.



Densité

Comparison of water and air

- Density [air] 1.293 kg/m³
- Density [sea water] 1023
- Density [ice] 917

- Specific heat [air] 1004 J/°K Kg Density*Specific heat[air] = 1298
- Specific heat [seawater] 4218 Density*Specific heat[sw] = 4.3 million
- Specific heat [ice] 2106

- Latent heat of fusion 3.34 x 10⁵ J/Kg
- Latent heat of vaporation 2.5 x 10⁶ J/Kg at 0°C; 2.25 x 10⁶ J/Kg at 100°C

Earth radius = 6357, 6378 km; Earth surface area = 5.10 x 10¹⁴ m²
land area = 1.49 x 10¹⁴ m² ocean area = 3.61 x 10¹⁴ m²

Eau pure

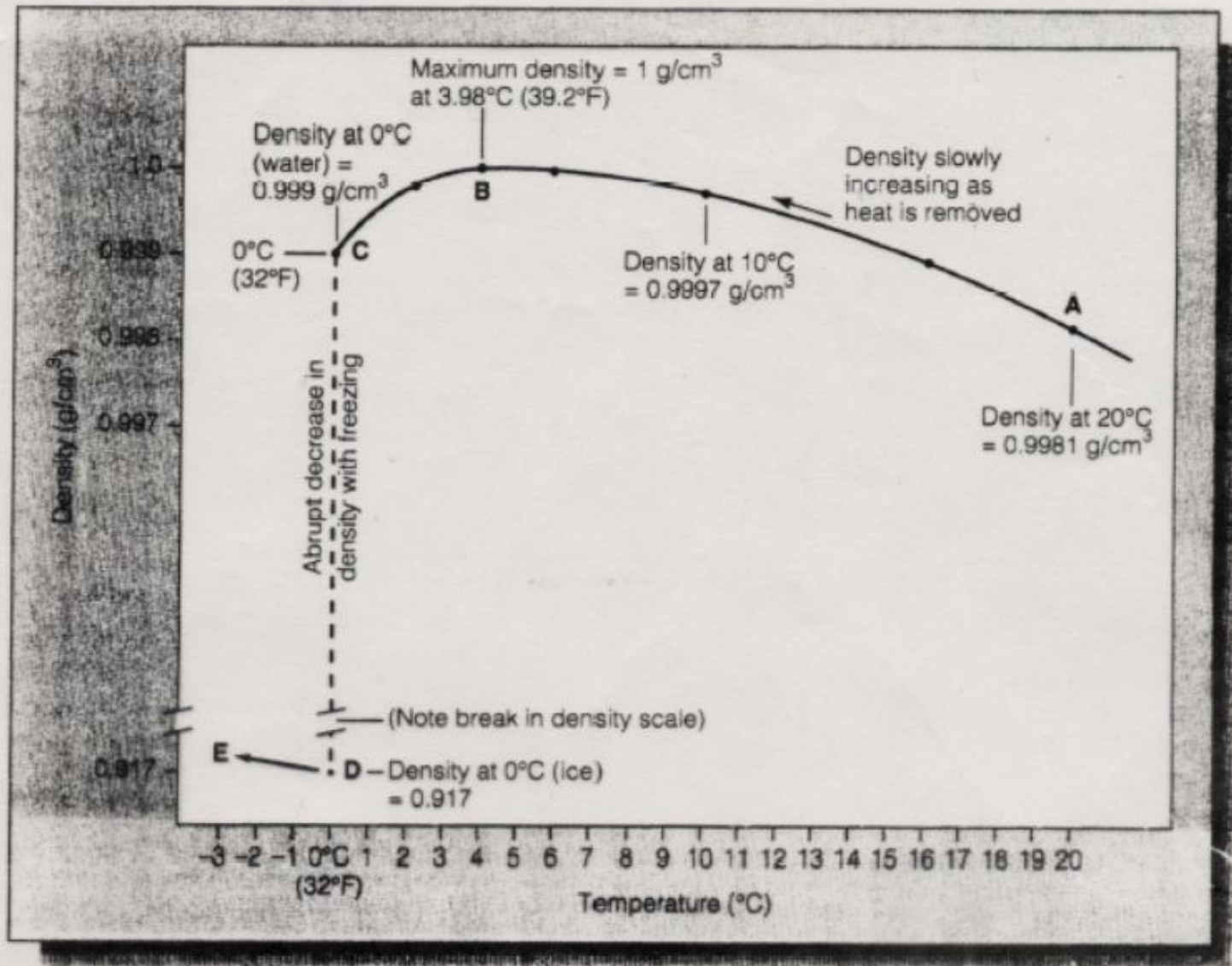
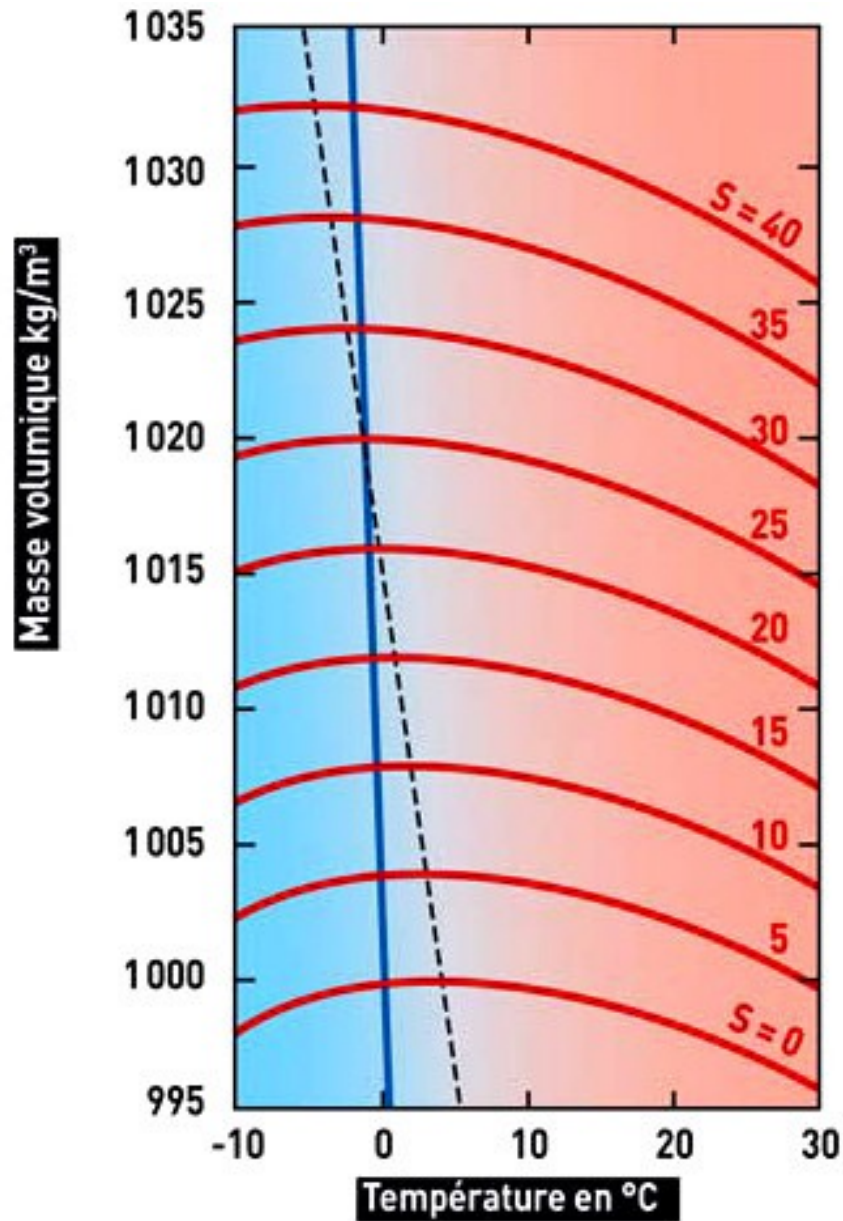


Figure 7.1 The relationship of density to temperature for pure water. Note that points C and D both represent 0°C (32°F) but different densities and thus different states of water. Because the density of ice is less than the density of liquid water, ice floats.



L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l'Océan.

Freezing pt of sea water decreases as salinity increases, and as pressure increases. The pressure effect lower T_f by $0.075^\circ\text{C}/100\text{db}$. Sea surface T_f is around -1.93°C ; at 300 m T_f is around -2.16°C .

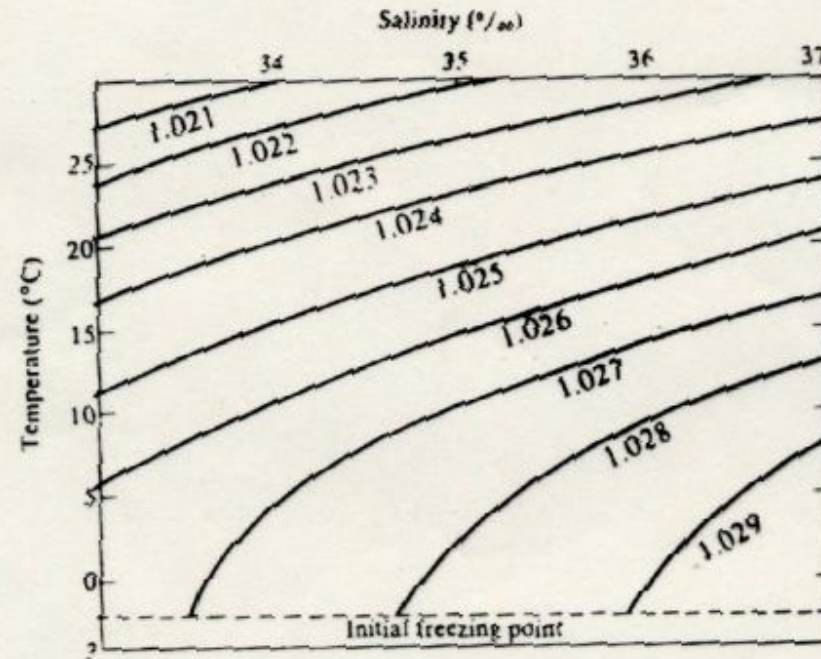


FIGURE 4.8 Changes in the density (g/cm^3) of seawater caused by changes in salinity and temperature. [Modified after U.S. Naval Oceanographic Office, Instruction Manual for Oceanographic Observations. H.O. Pub. 607 (Washington, D.C., 1955), p. 42]

Density in temperature-salinity 'space'. Note curved (non-linear) Form of the isopycnals.

Diagramme T°C versus Salinité = mélange de 2 masses d’eau

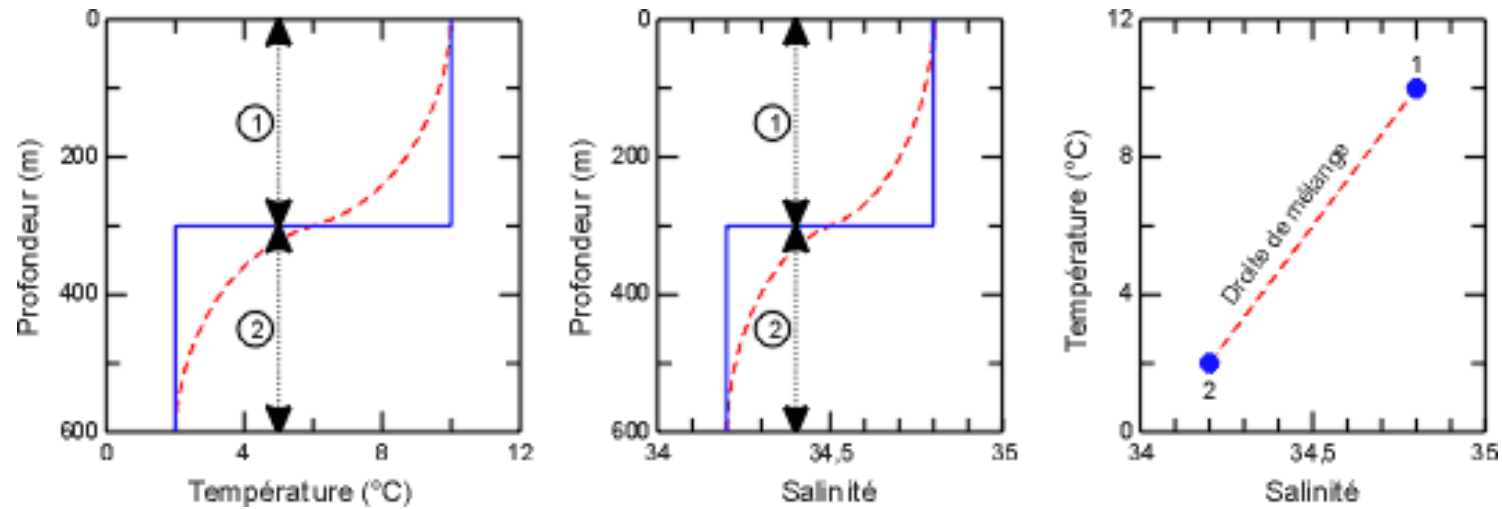
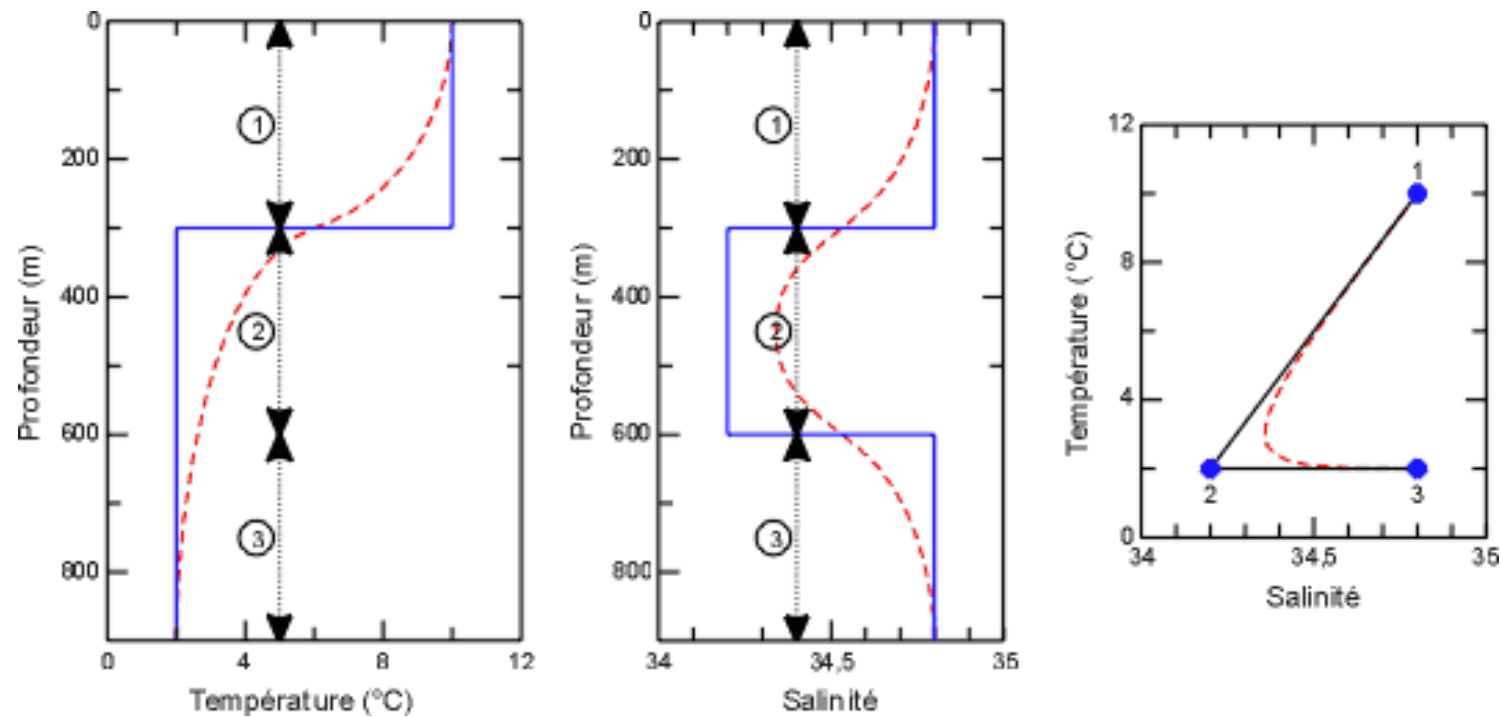


Diagramme T°C versus Salinité = mélange de 3 masses d'eau





Analyses CTD + rosette de bouteilles

Conductivité: On mesure une charge électrique passe à travers une masse d'eau, la salinité peut être calculée à partir de sa capacité de conduire l'électricité.

Température

La transmission de la lumière dans la colonne de l'eau. Cet instrument mesure **la turbidité** de l'eau en émettant un faisceau de lumière d'un côté et en détectant quelle quantité de lumière est reçue de l'autre côté. Les diminutions des niveaux de transmission indiquent la présence du phytoplancton et/ou de sédiment dans l'eau

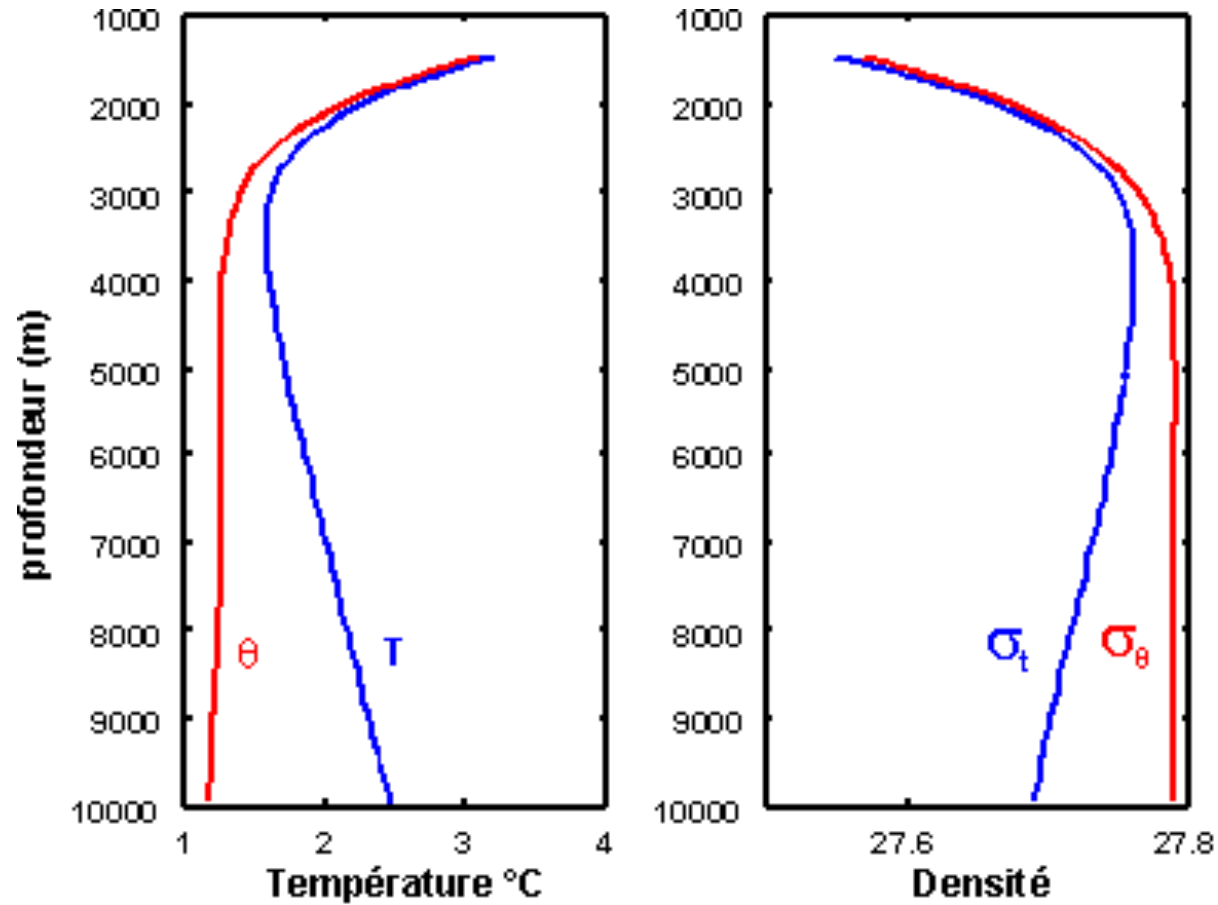


Fluorimétrie

Quand une lumière de longueur d'onde spécifique éclaire le produit chimique chlorophylle a, la chlorophylle a fluoresce. Cette lumière émise est détectée. La quantité de lumière détectée est une mesure directe de la quantité de phytoplancton dans l'eau.



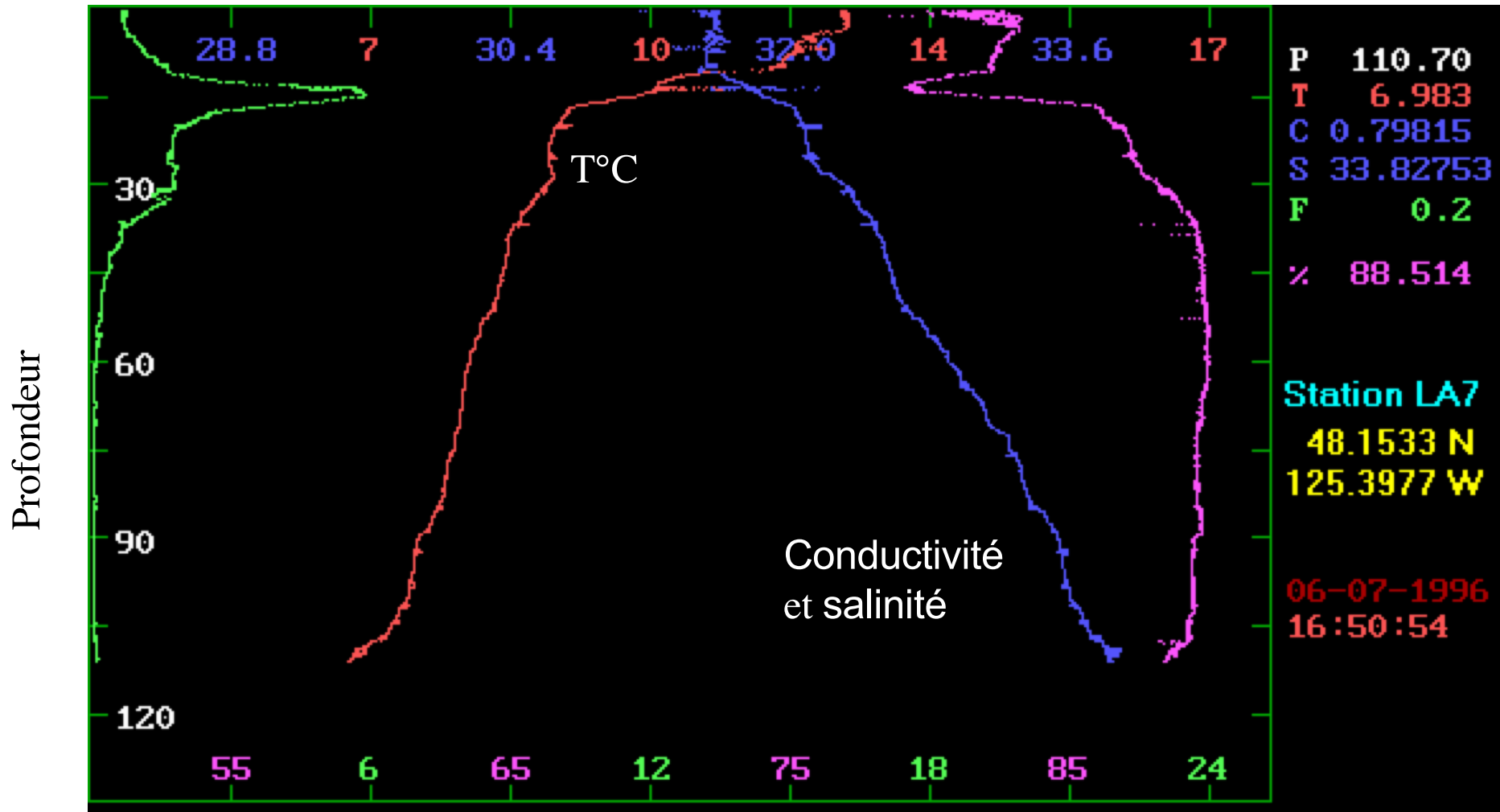
Températures et densité in situ et potentielles !

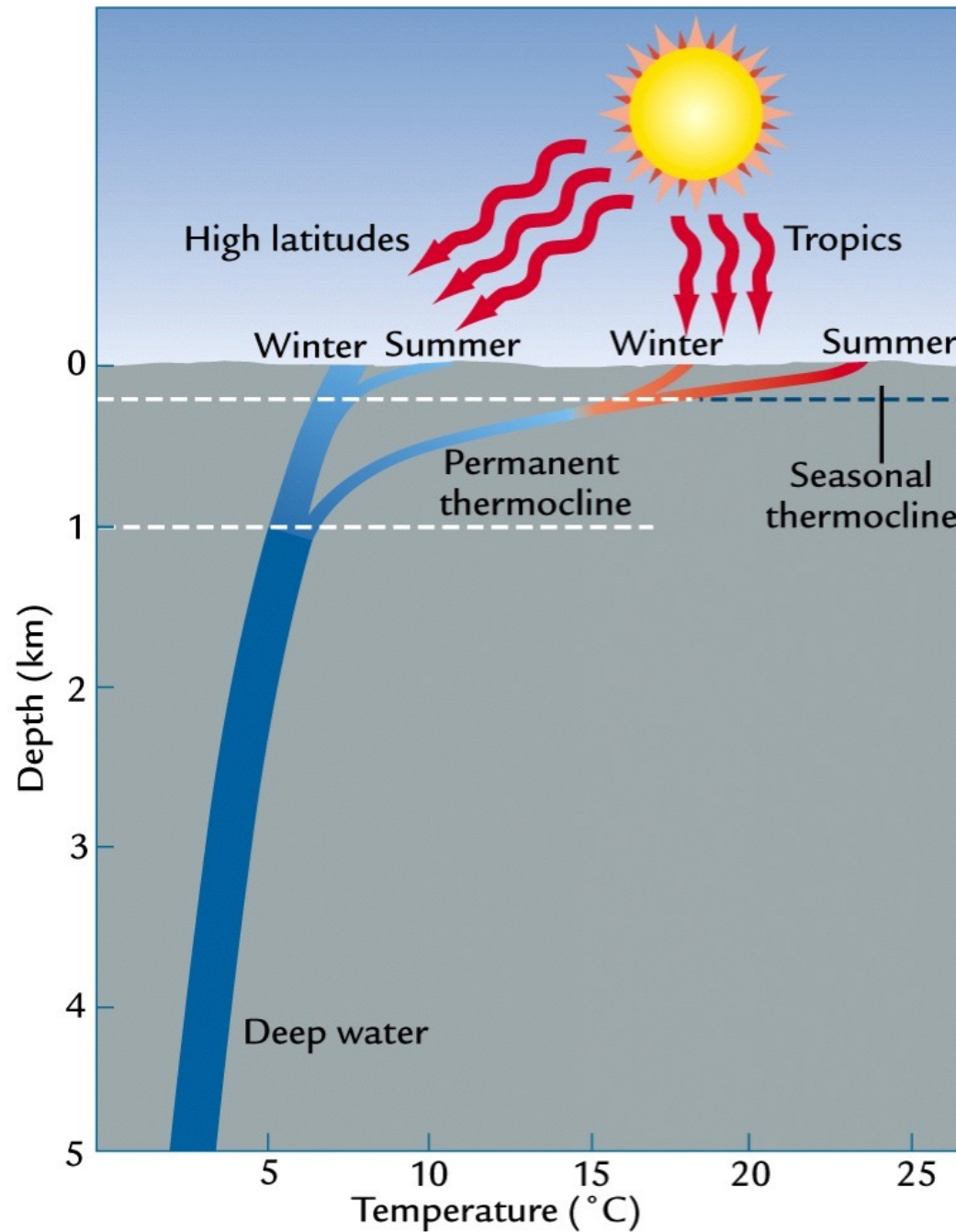


Comparaison des températures et densité in situ et potentielles dans la fosse Mindanao près des Philippines

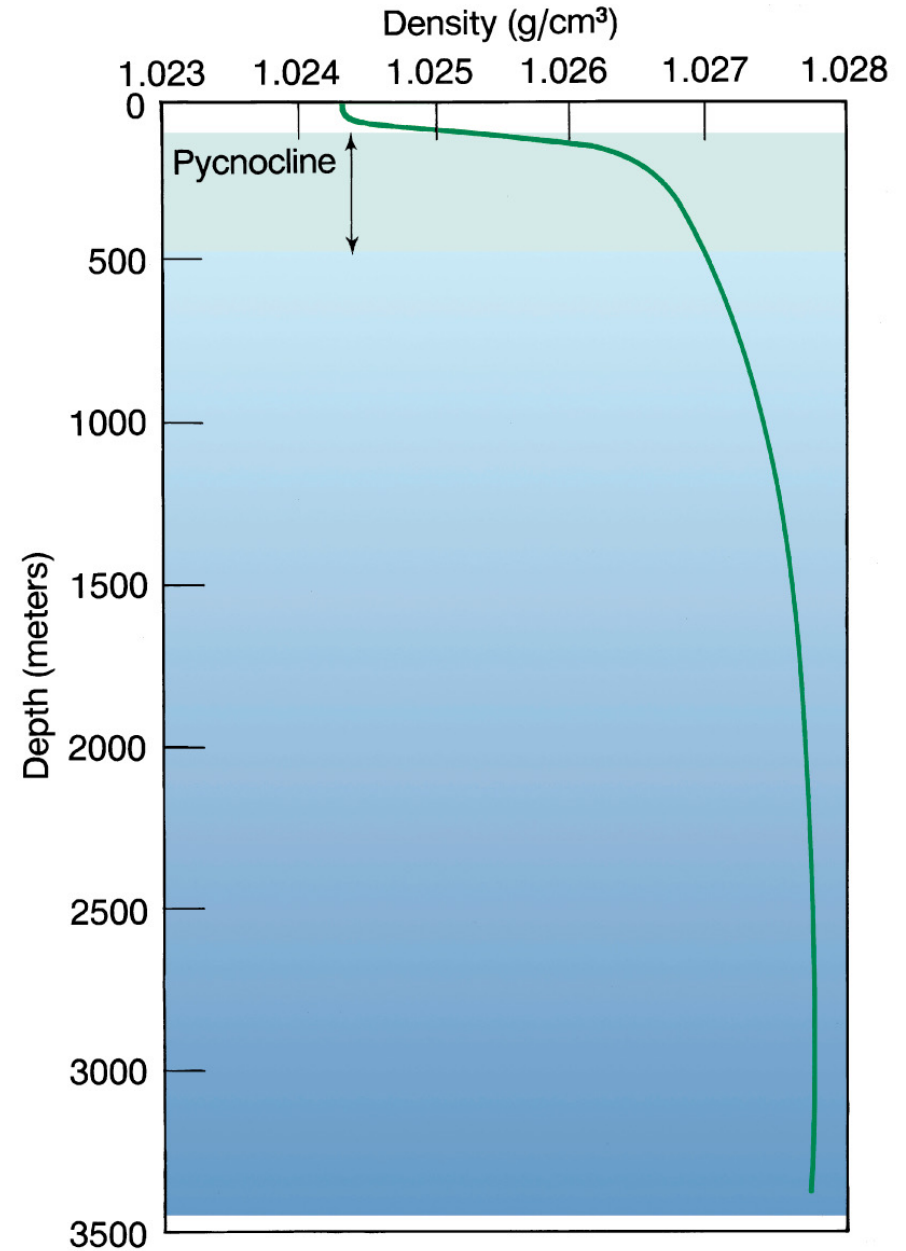
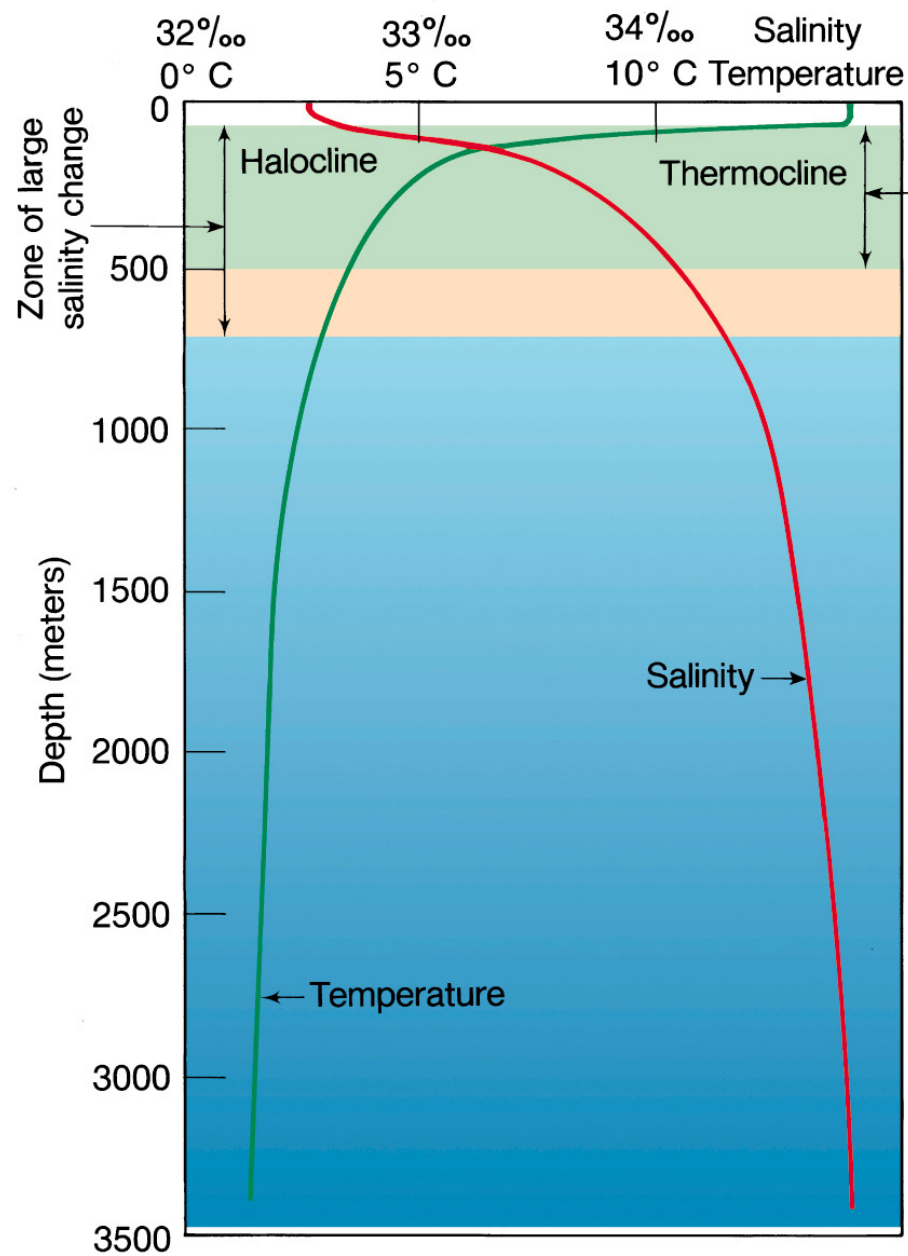
Fluorescence

Transmission
de la lumière





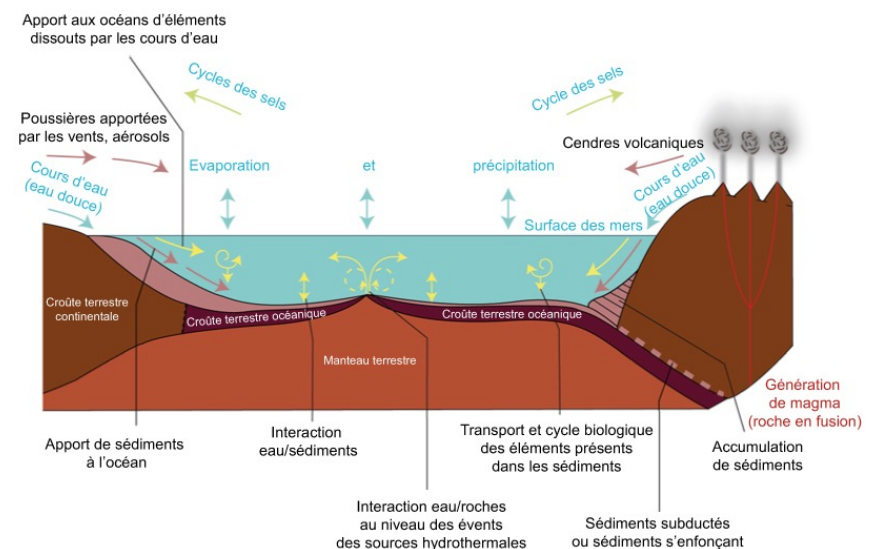
L1 Système Terre, Climats Energies – CM2 Physico-chimie et structure de l'Océan.



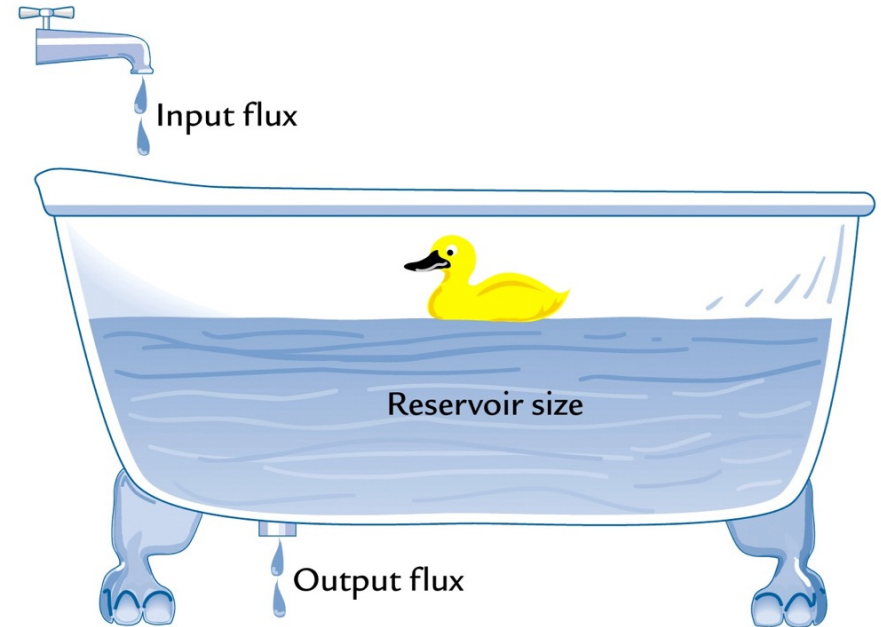
Origine des éléments chimiques

- > Erosion et altération chimique des continents
- > Volcanisme et hydrothermalisme sous-marin
- > Flux benthiques (diagénèse des sédiments)

--> Ces éléments restent en solution jusqu'à ce que des processus internes à l'océan les séquestrent dans les sédiments (incorporation des éléments dans le cycle biologique, absorption sur les particules sédimentaires en suspension, précipitation physico-chimique, ...)



Temps de résidence moyen $T=X/Y$



Eléments conservatifs : Na, Cl, Mg, K = éléments au temps de résidence supérieur au temps de brassage des eaux océaniques

Eléments Si, N, P = éléments au temps de résidence inférieur au temps de brassage des eaux océaniques

Les sels nutritifs (nutriments) : CONP

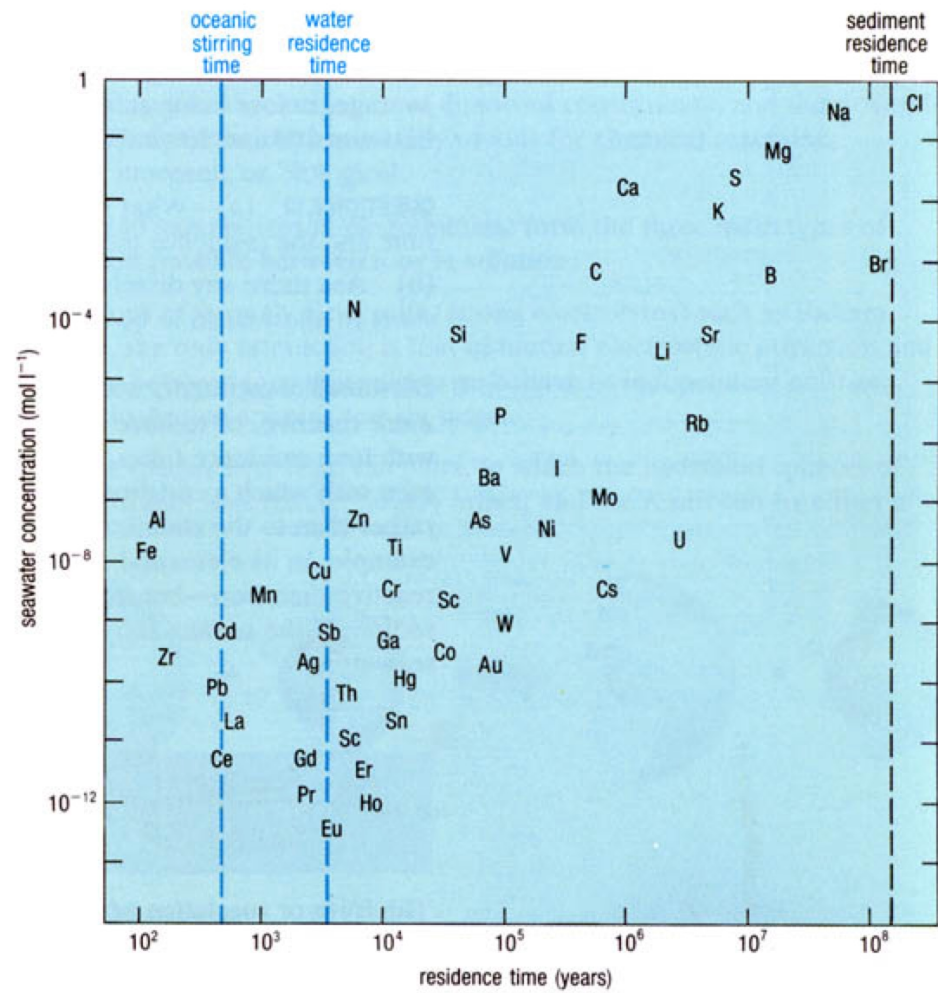
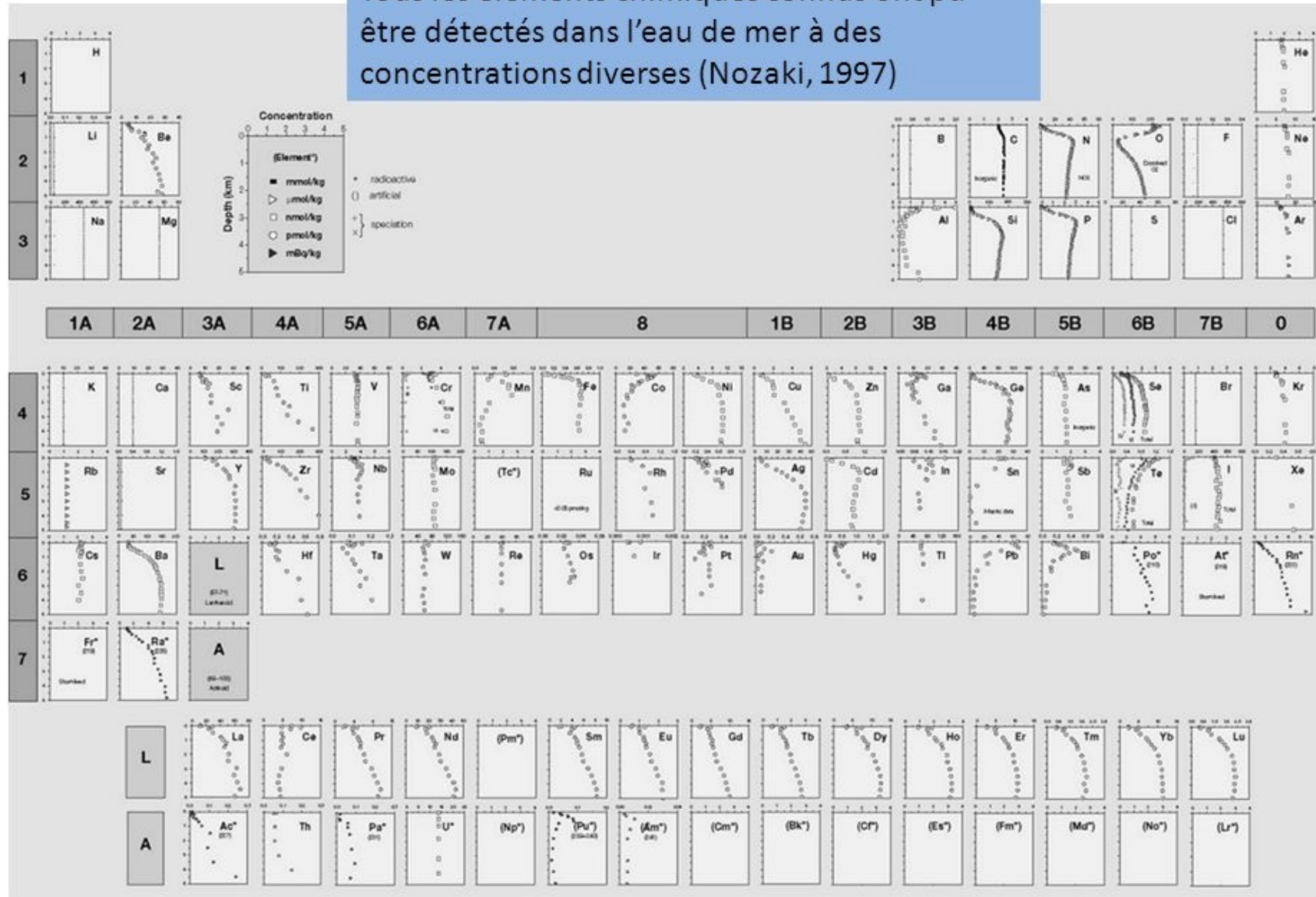


Figure 6.11 Graph showing the broad correlation between concentration (mol l⁻¹) and residence time for several elements in seawater. For water residence time, see Question 1.3 (b) and its answer; for oceanic stirring time and sediment residence time, see the following text.

Introduction

Tous les éléments chimiques connus ont pu être détectés dans l'eau de mer à des concentrations diverses (Nozaki, 1997)



Les gaz dissous :

Oxygène O₂

Dioxyde de carbone CO₂

2 Réactions importantes:

* Photosynthèse:



*Respiration ou oxydation :

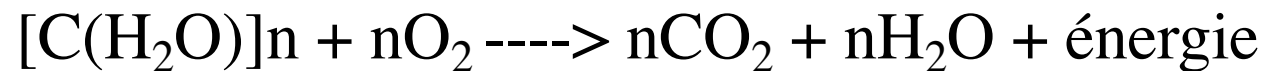
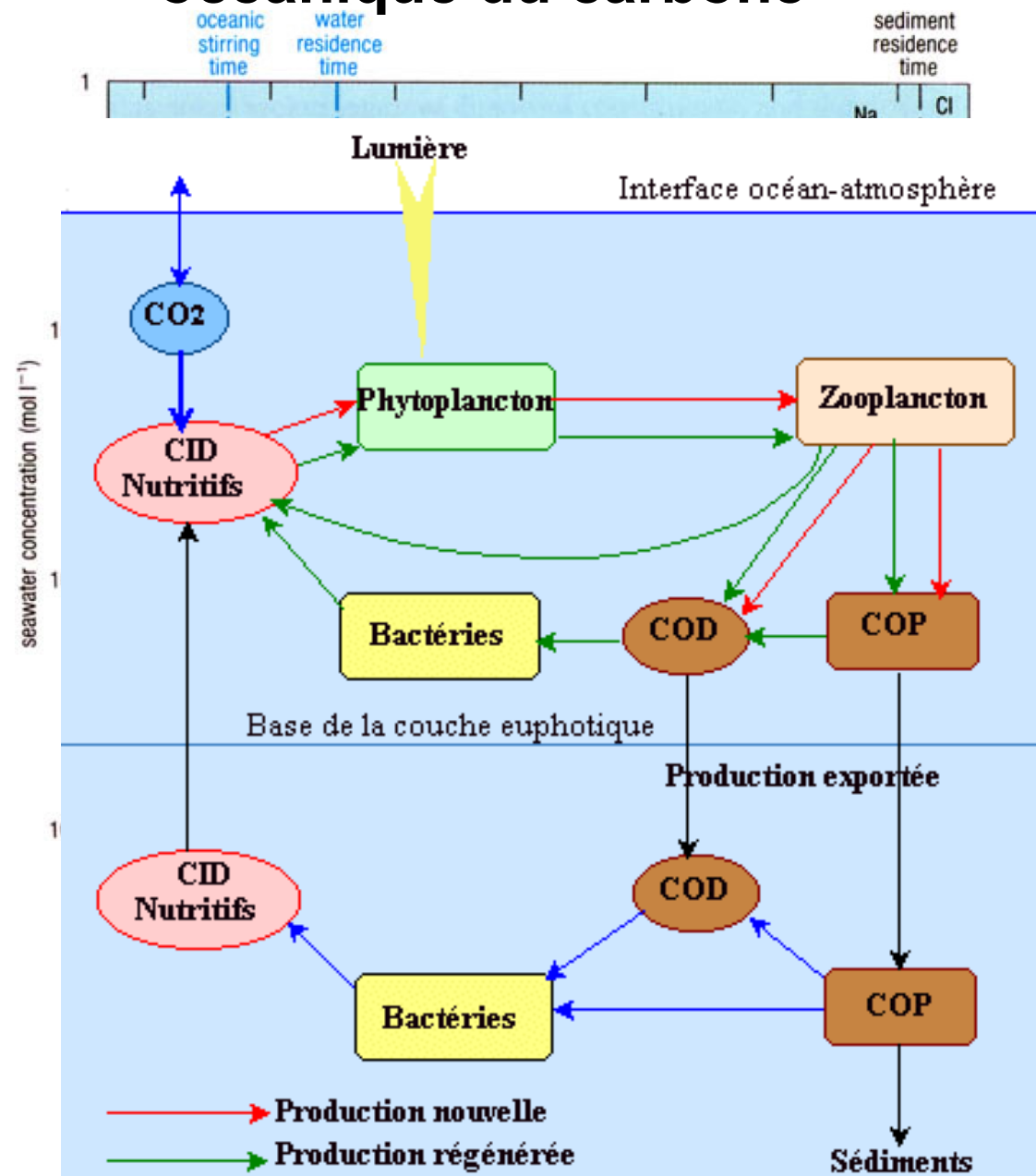
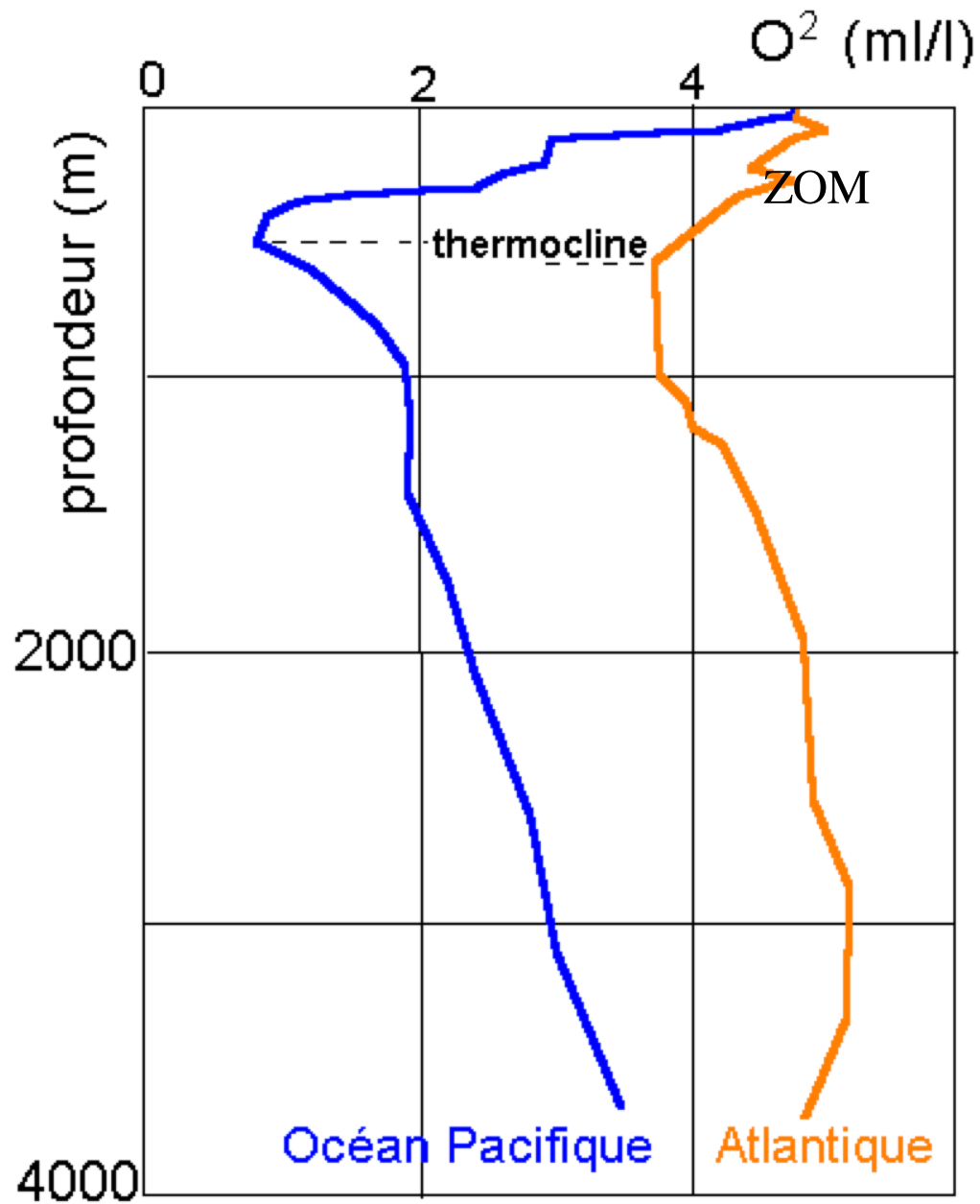
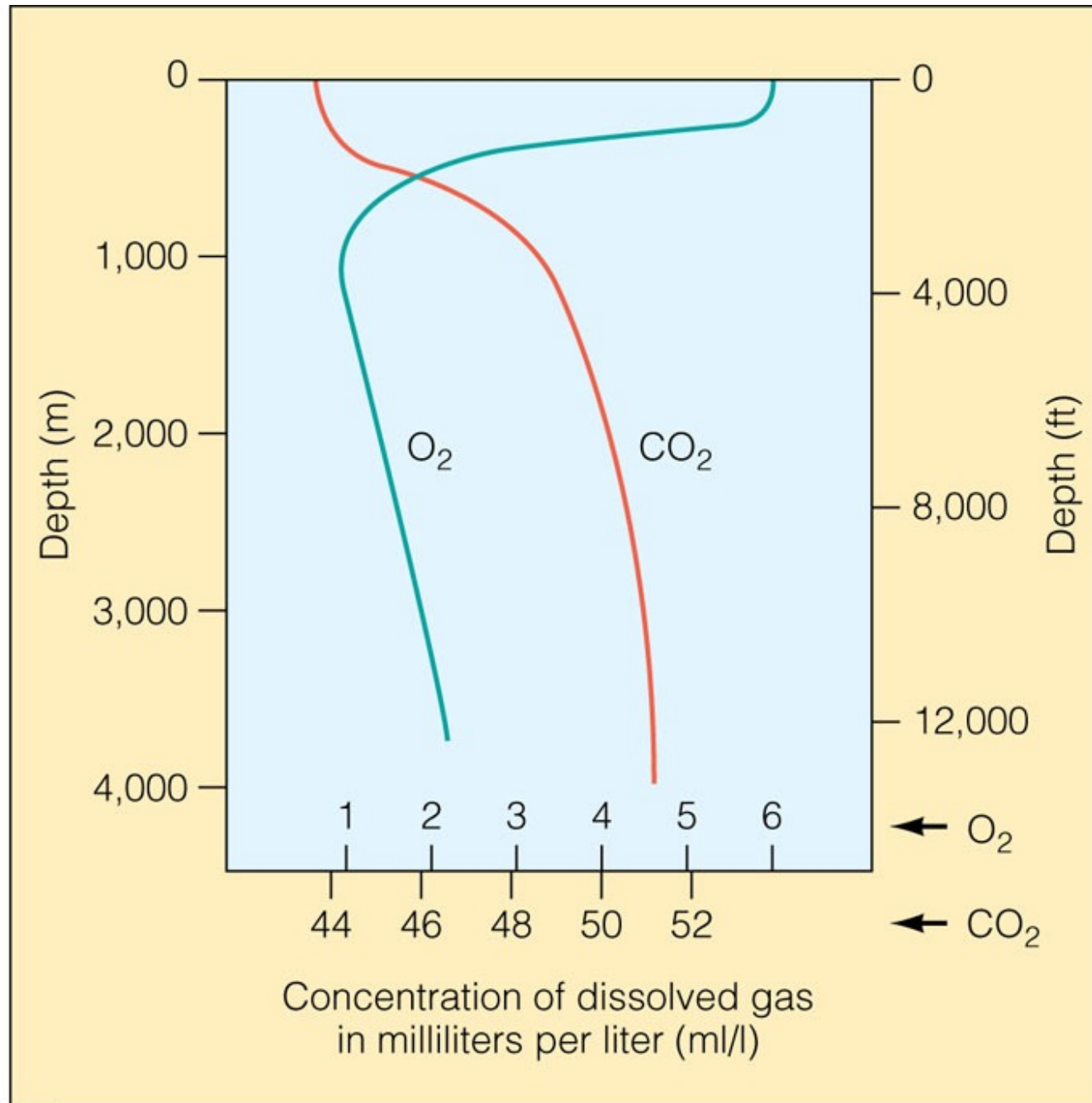


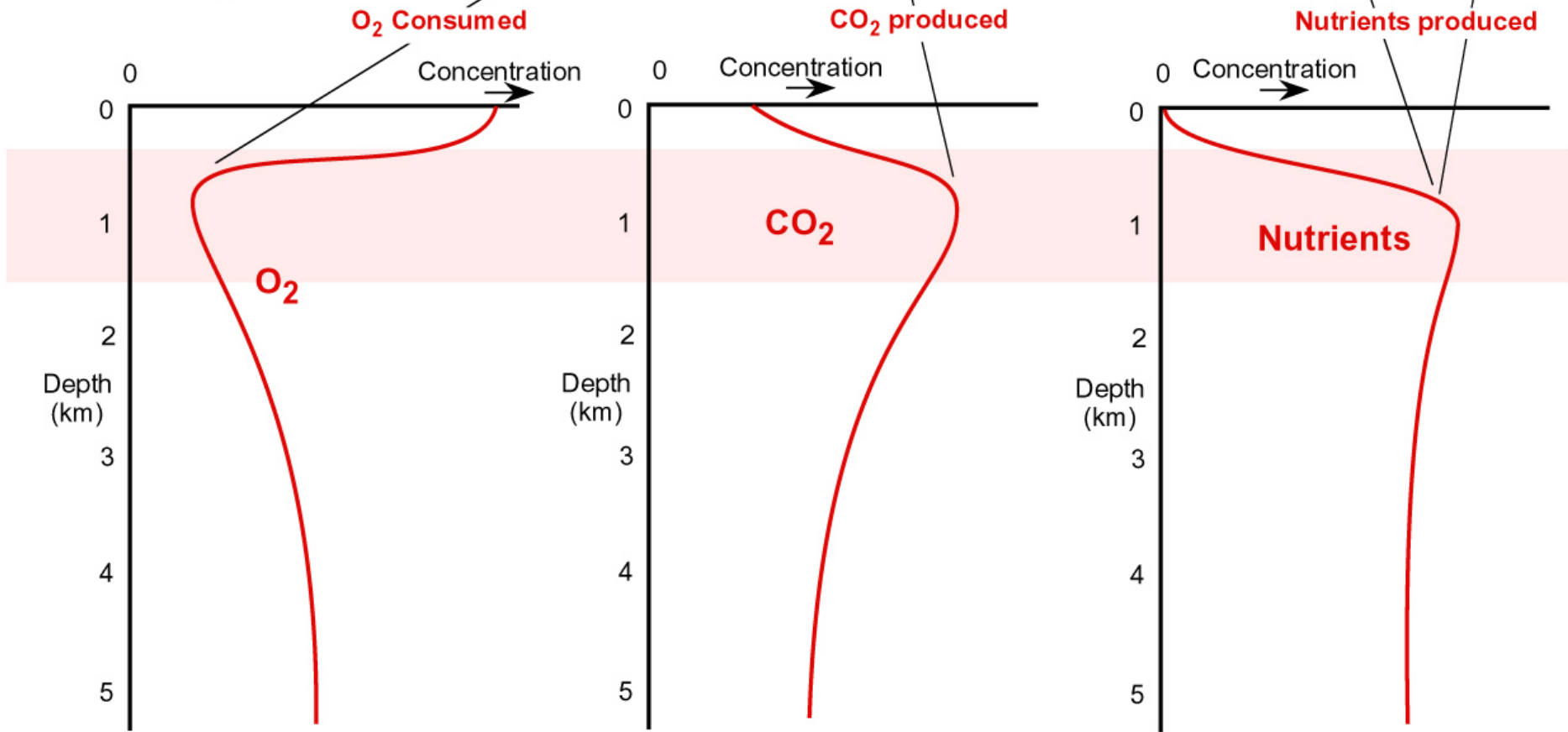
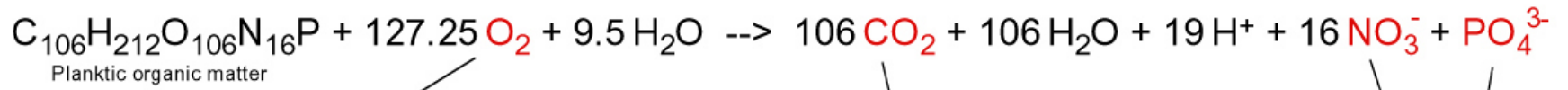
Schéma d'un modèle biologique océanique du carbone



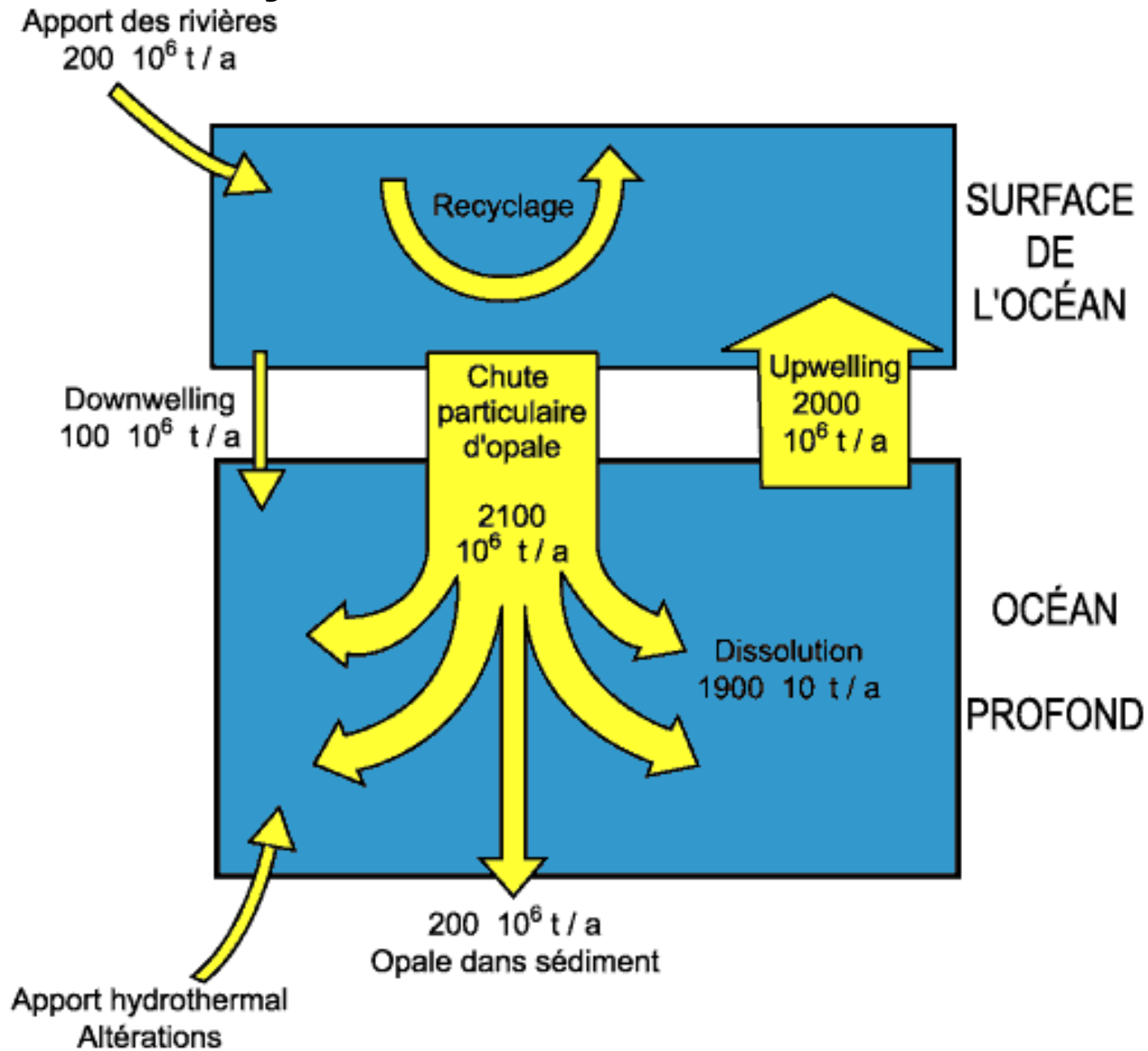
COP (sous forme de pelotes fécales et de cadavres) + COD = production exportée







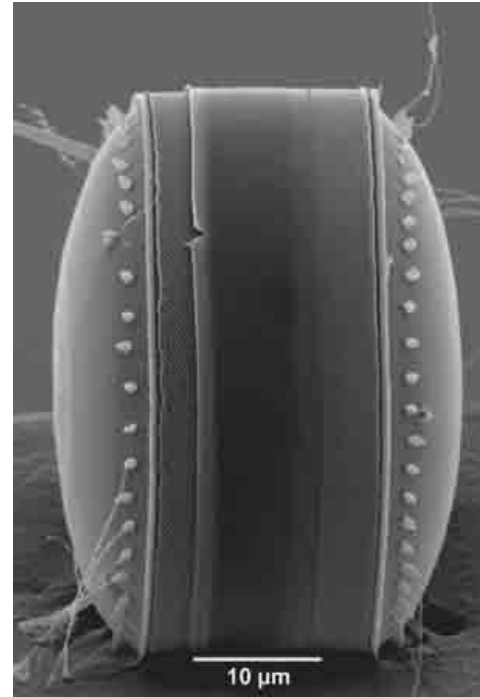
Cycle du Si dans l'Océan



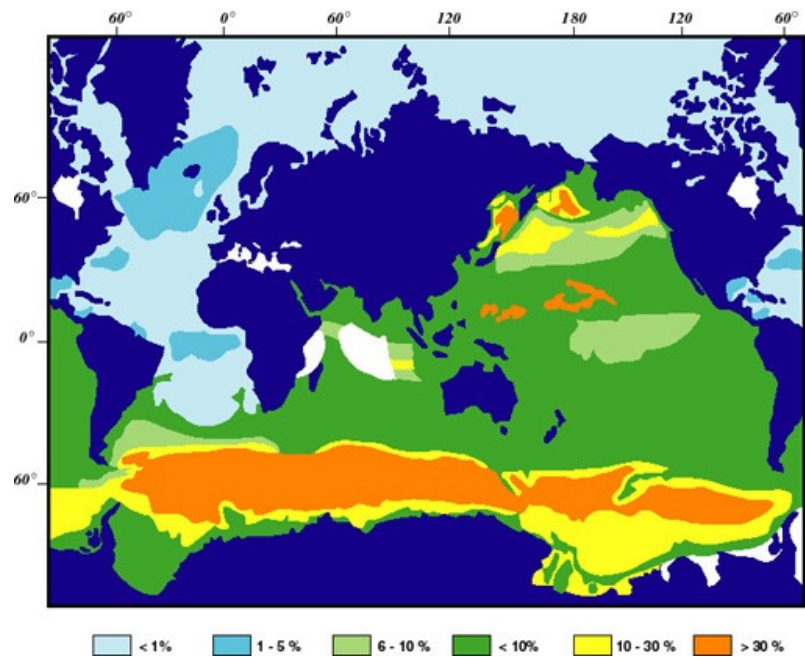
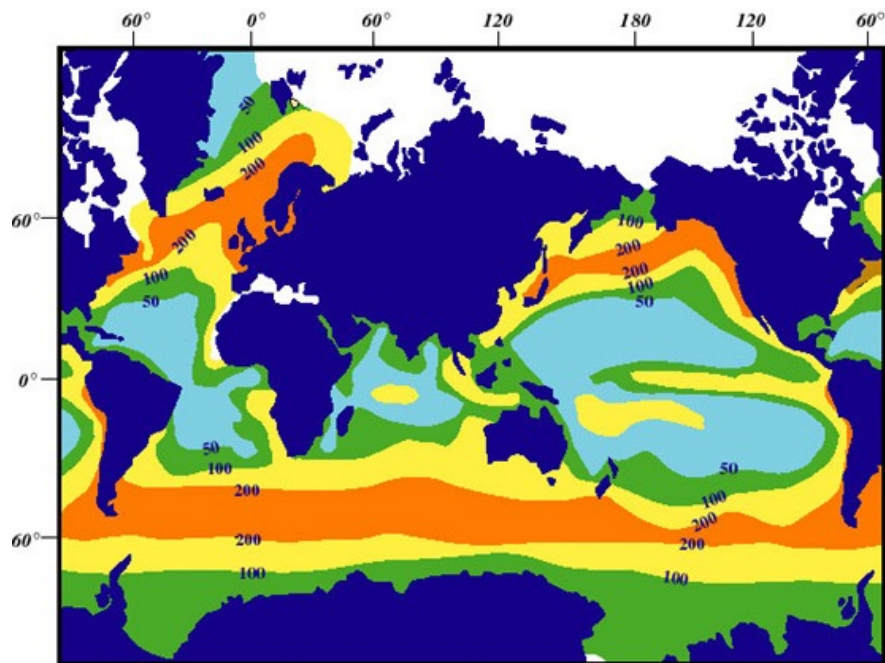
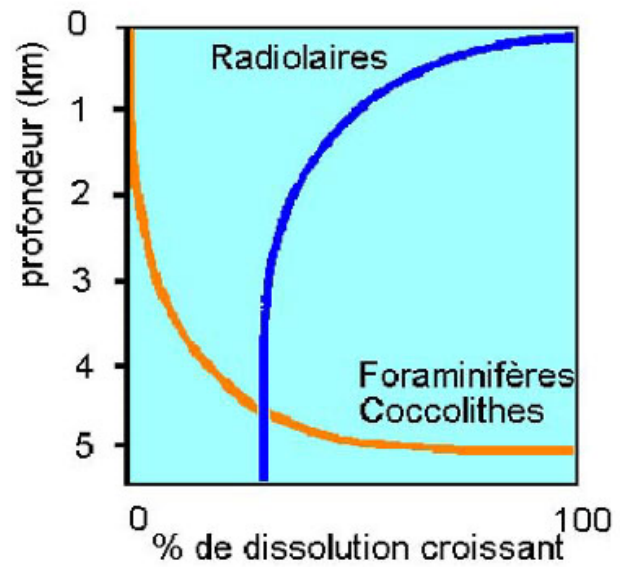
Organismes producteurs de squelettes



Radiolaires



Diatomés



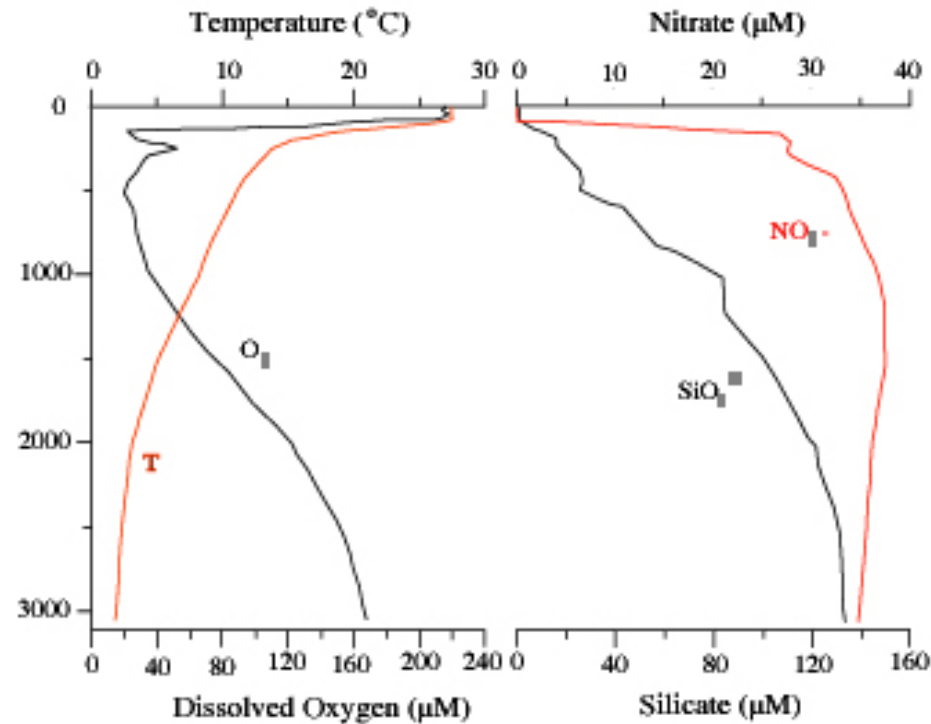


Figure 3. Typical vertical distributions (profiles) of temperature, dissolved oxygen, nitrate and silicate in the water column at 10°N and 67°E in the Arabian Sea. The thin water layer, at the top of the ocean, with near uniform levels in properties represents the surface mixed layer.

