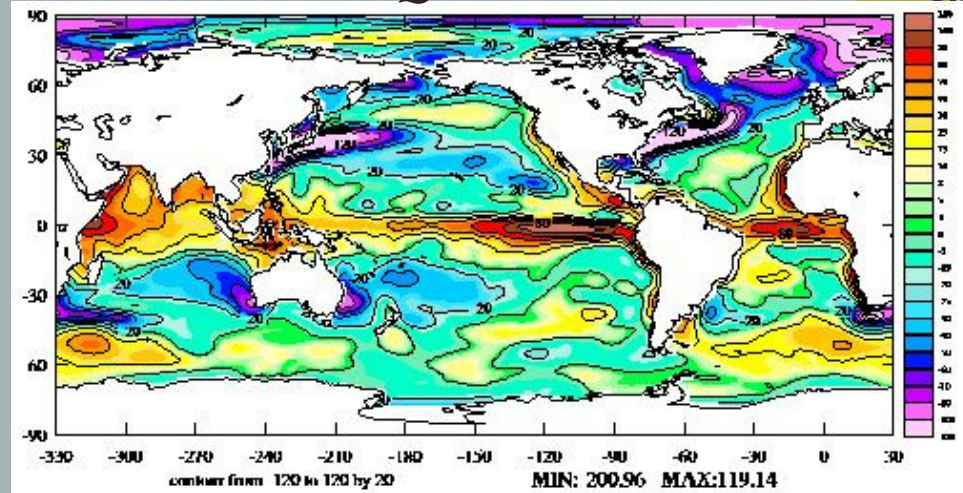
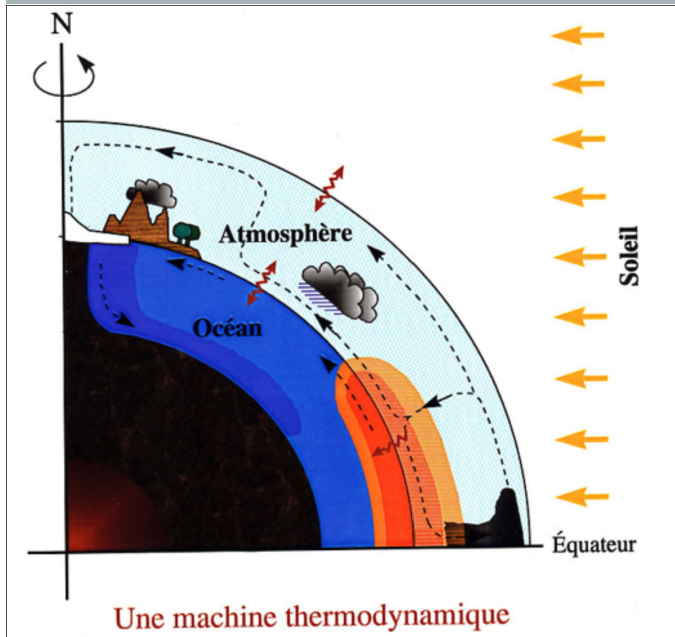
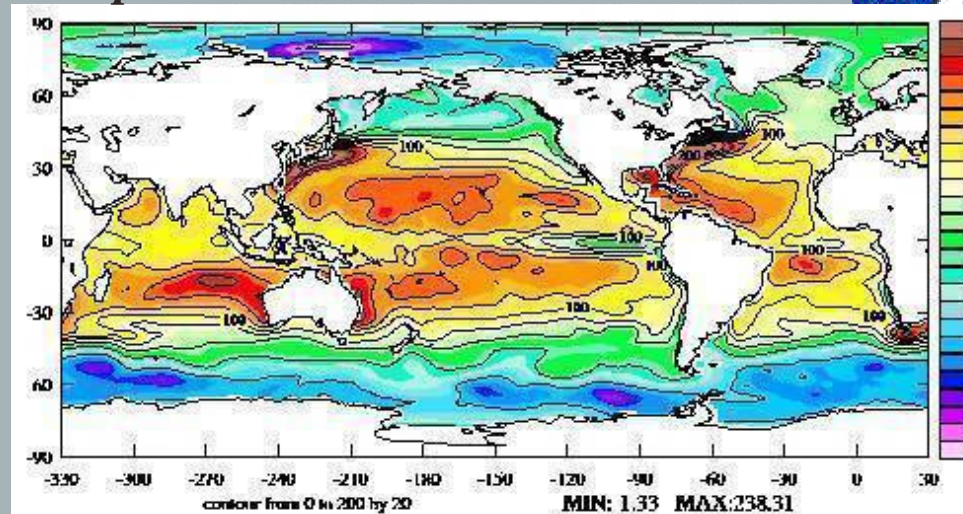


Un océan contraint par les échanges en surface

Flux de chaleur Q

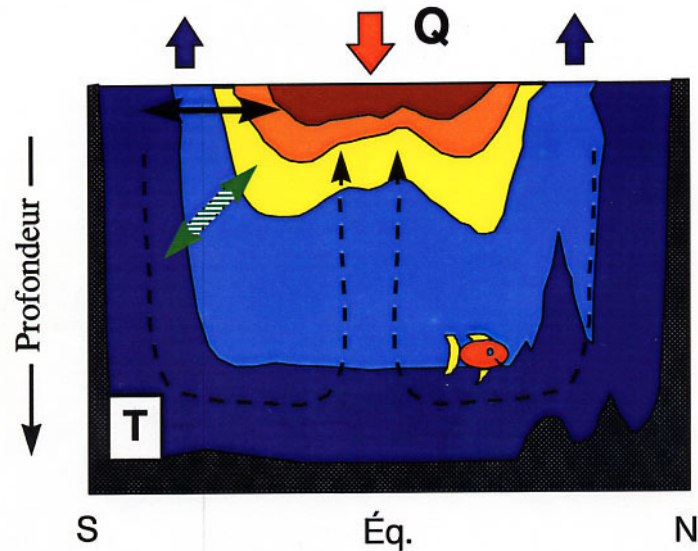


Evaporation E



La machine - océan

Cycle océanique de la chaleur



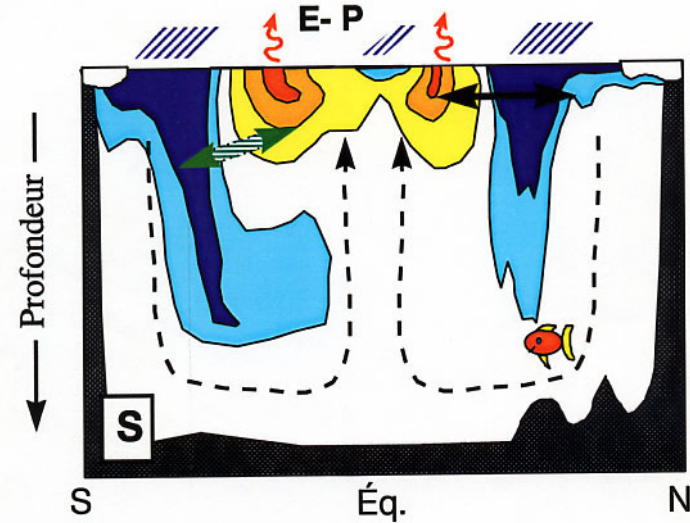
Source : échanges air-mer (flux de chaleur Q)

Transport : courants, circulation thermohaline

Échanges : turbulence

Le sel dans l'océan

Cycle océanique du sel

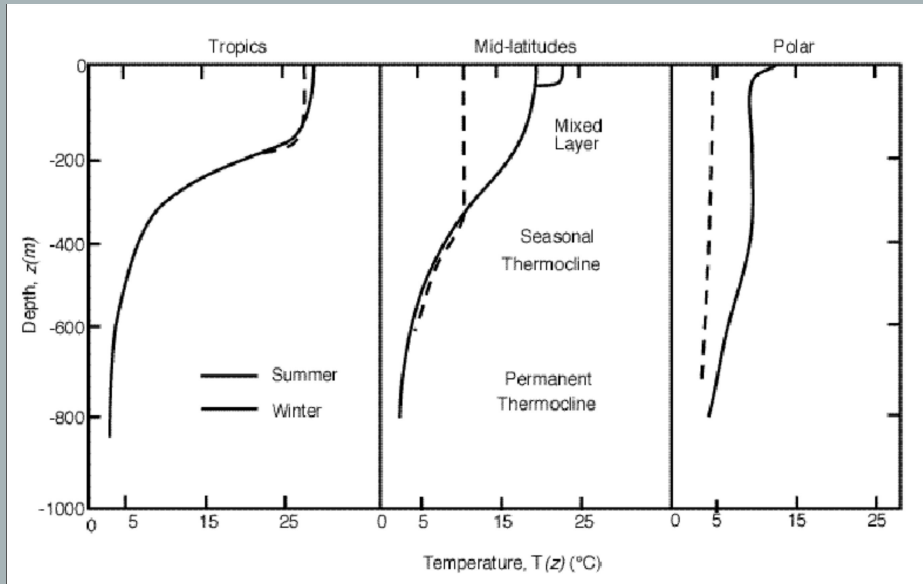


Source : flux de d'eau douce en surface =
bilan **Évaporation - Précipitation (E-P)**

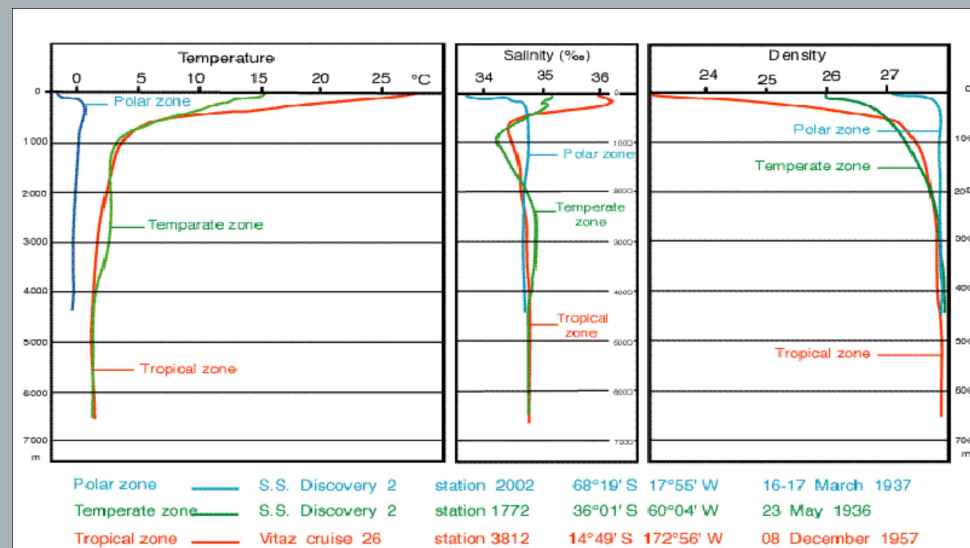
Transport : courants, circulation thermohaline

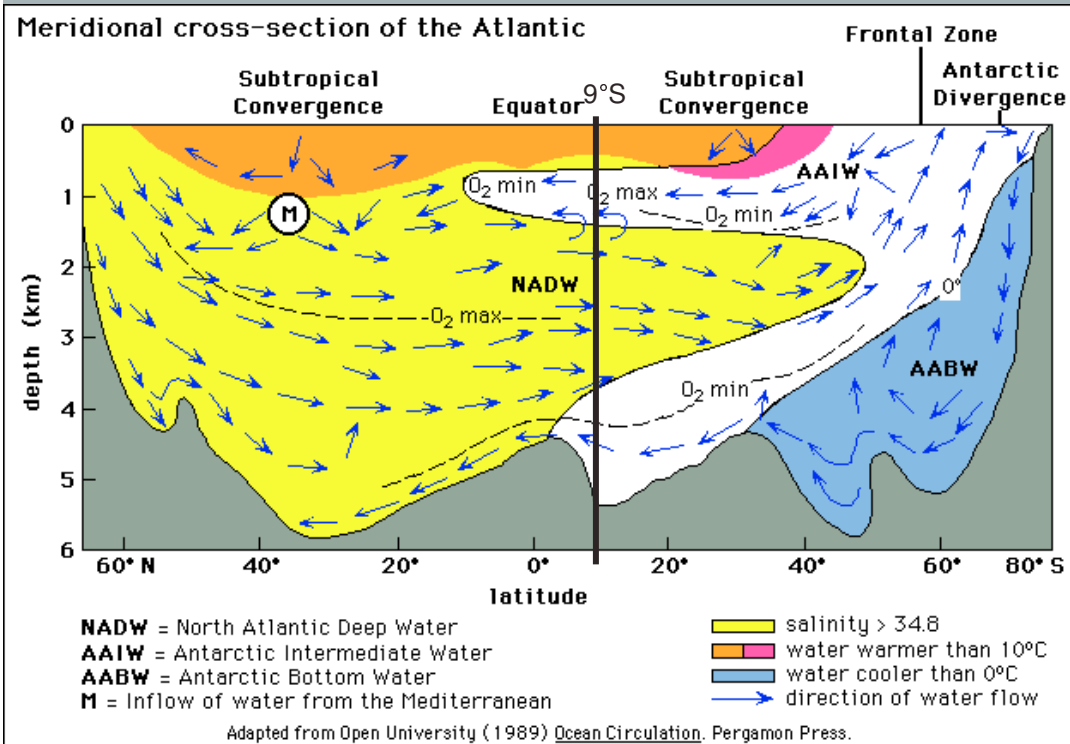
Échanges : turbulence

Caractériser la structure de l'océan par sa stratification En sel, en température, en densité

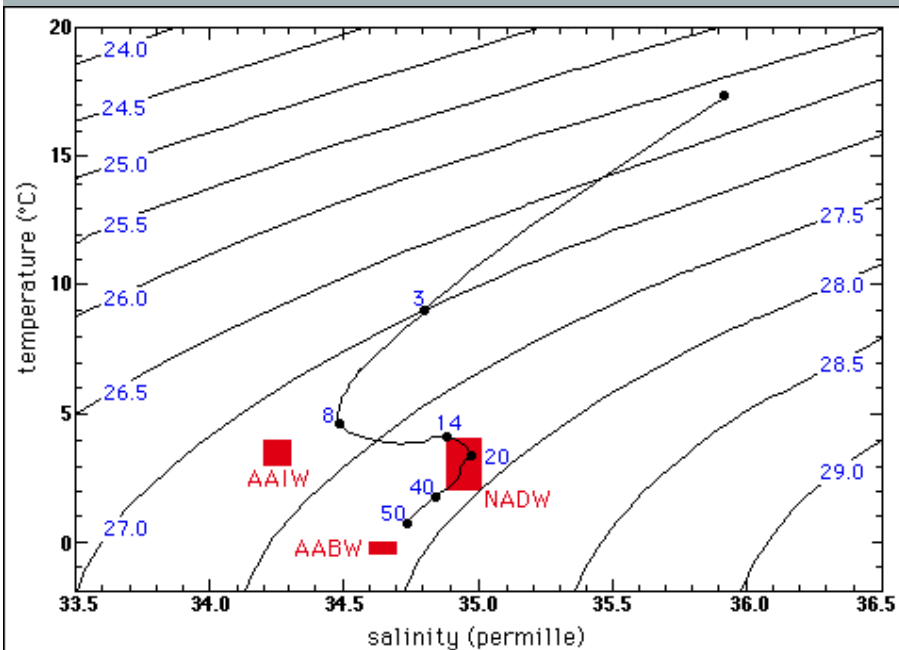


Thermocline

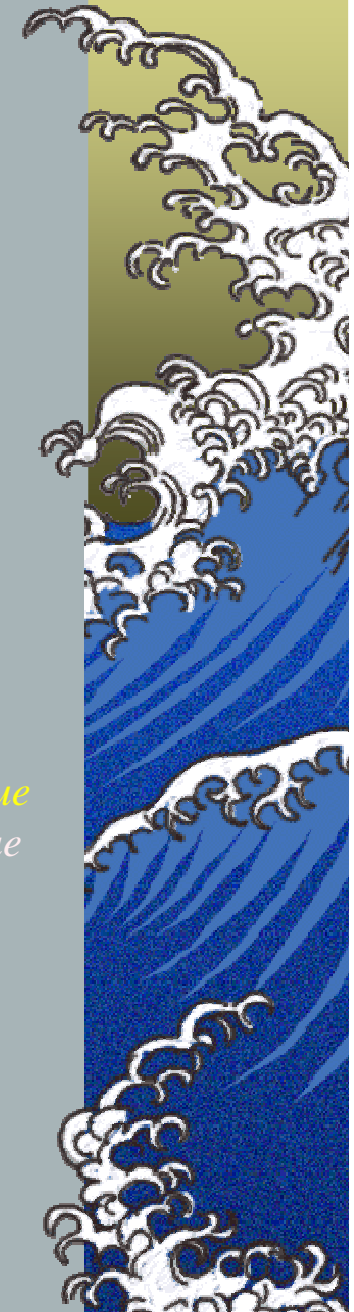




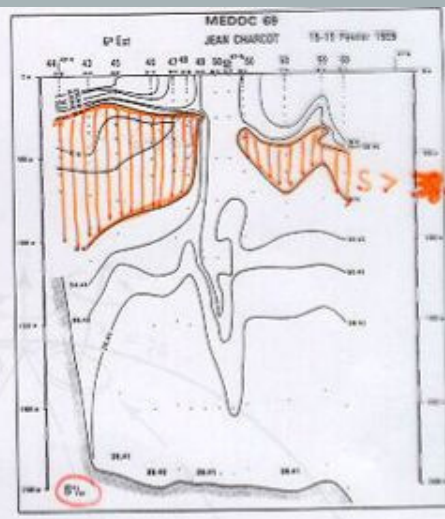
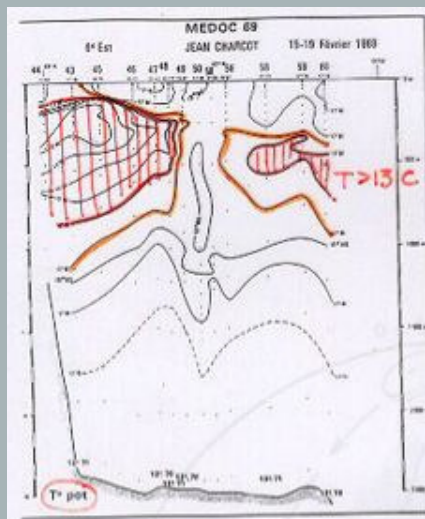
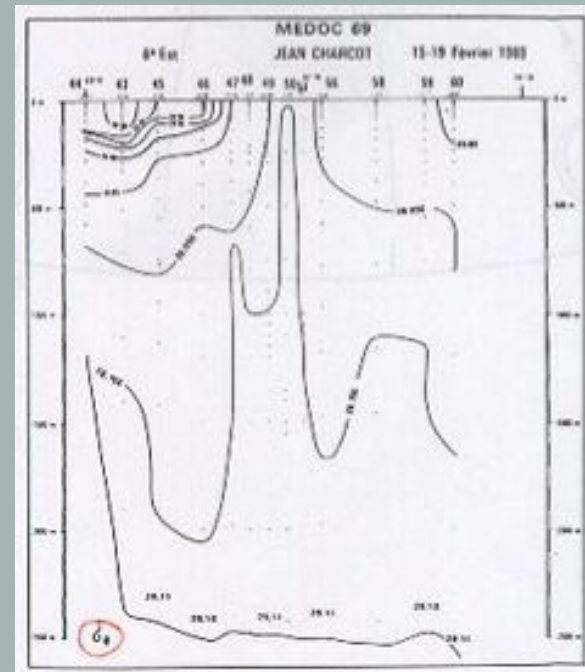
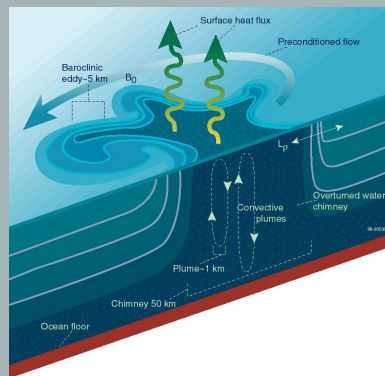
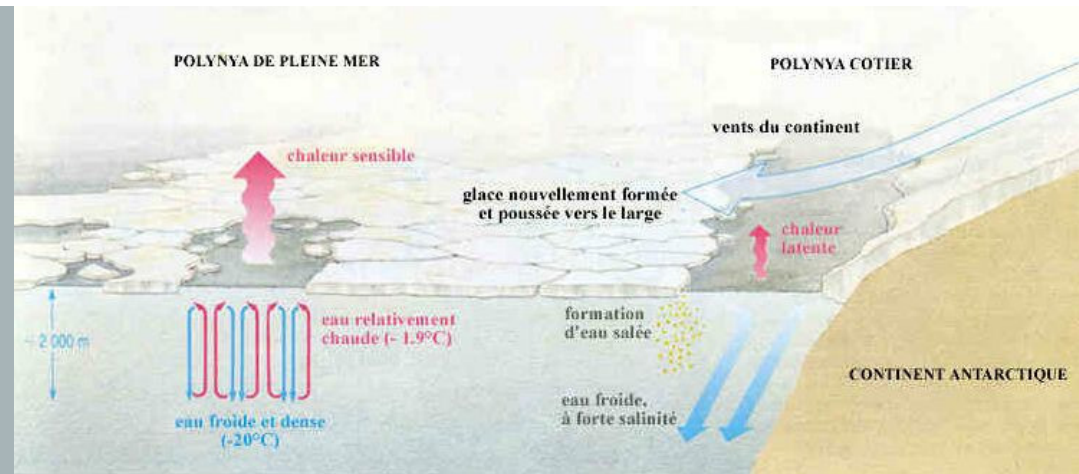
Masses d'eau Atlantique



NADW: Eau Profonde Nord Atlantique
AAIW : Eau intermédiaire Antarctique
AABW: Eau de fond Antarctique



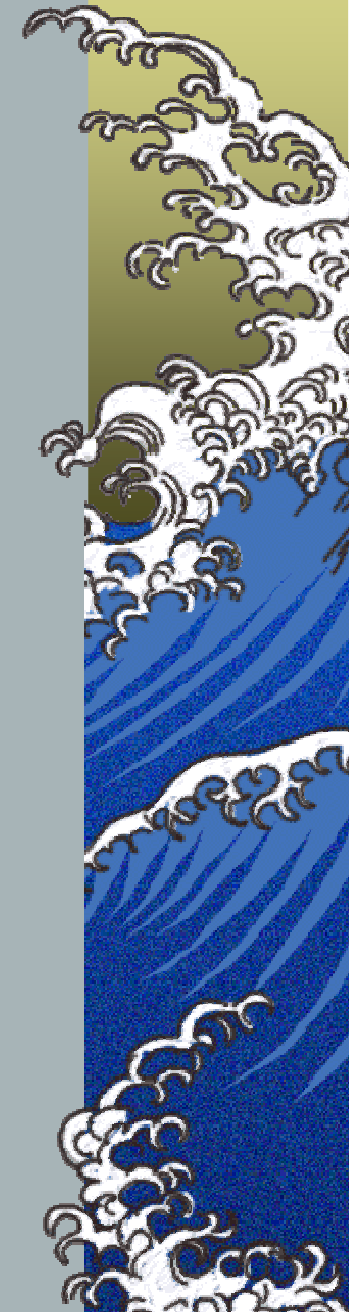
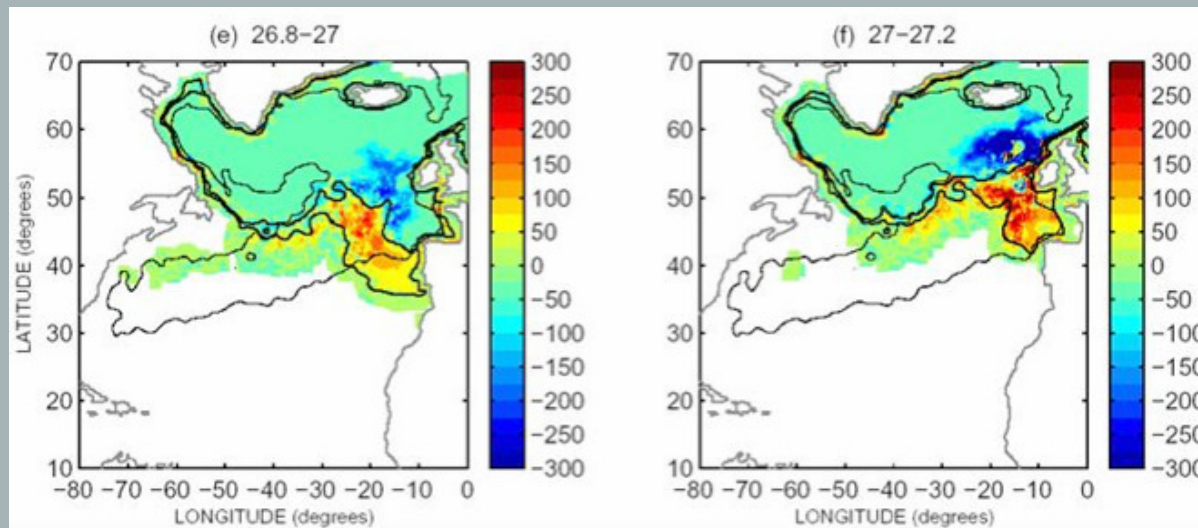
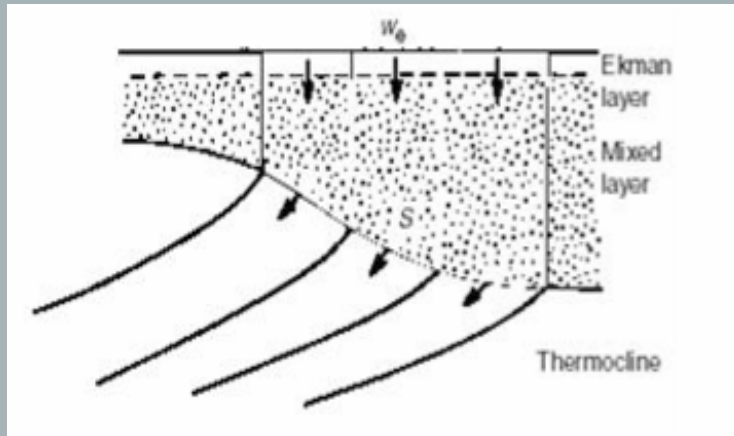
Processus de convection



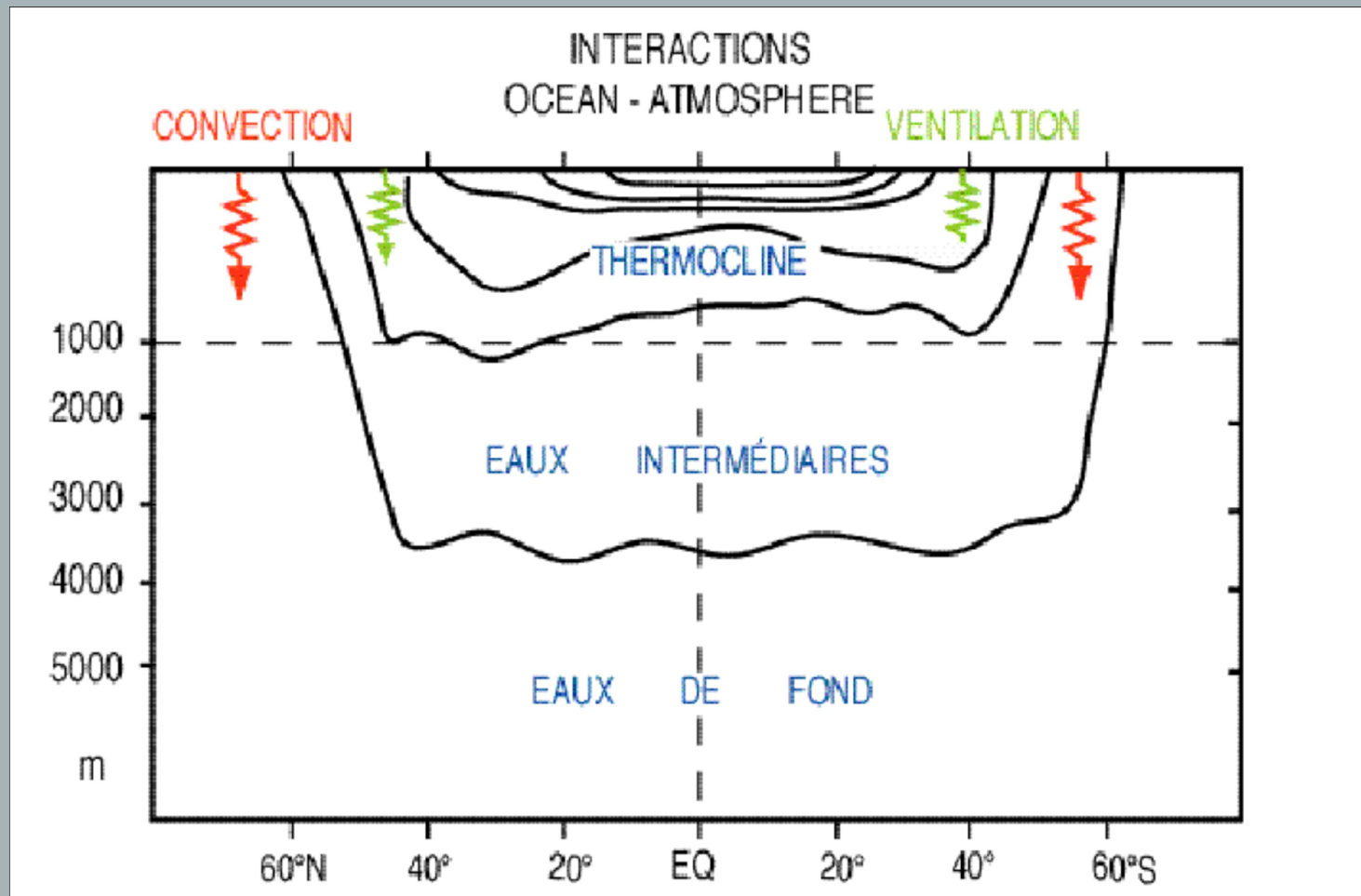
Processus de ventilation océanique

*En fin d'hiver, enfoncement des
eaux de la couche de surface dans
la thermocline, dans les régions de
pompage négatif (rotationnel de
vent négatif).*

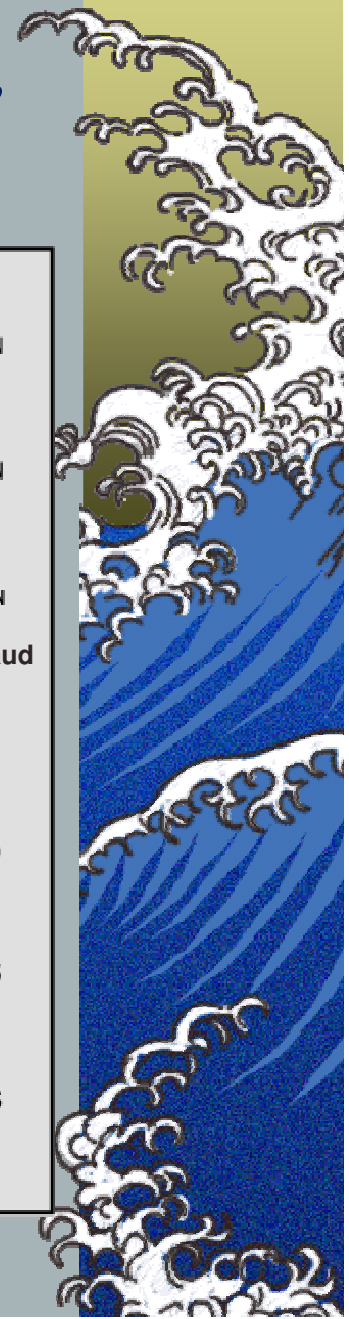
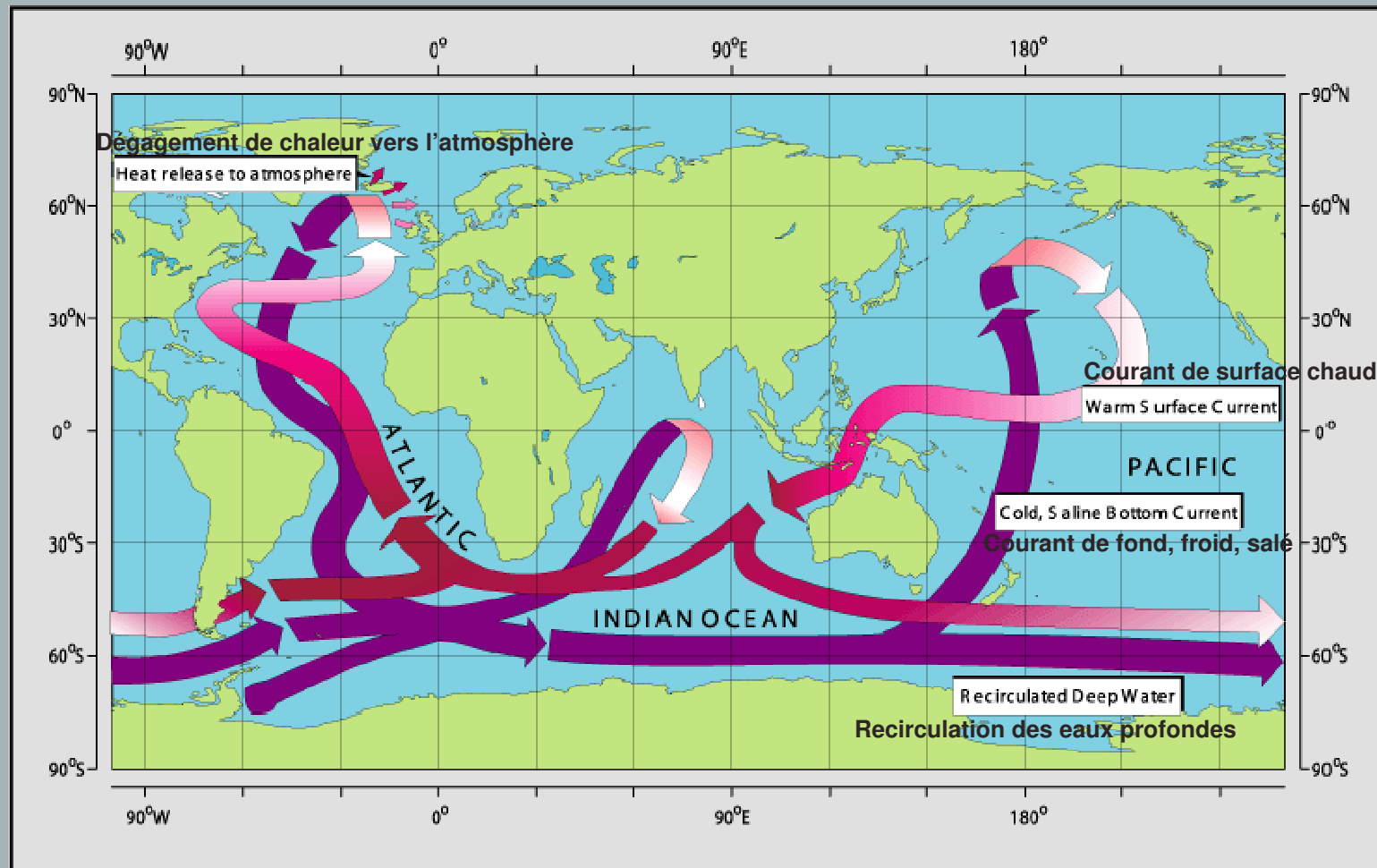
*Les régions de ventilation
correspondent à un minimum de
vorticité potentielle et à un
rotationnel négatif de vent.*



Structure interne - processus

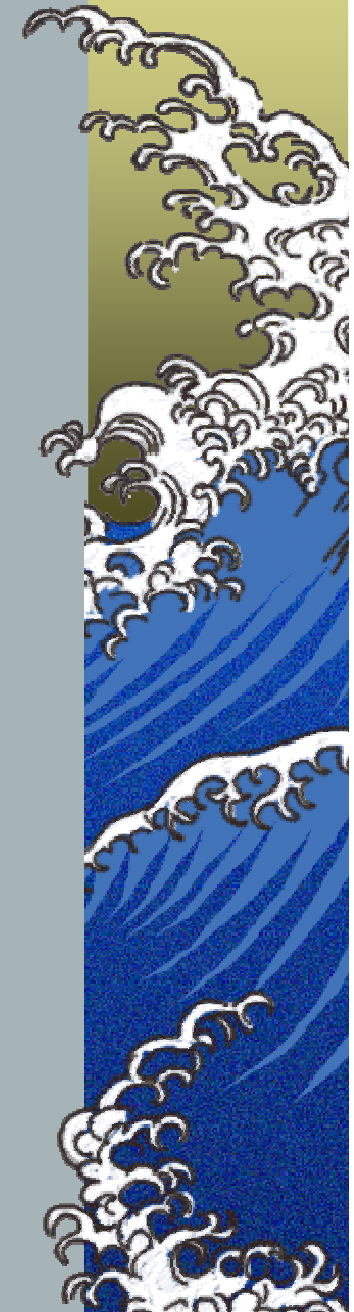


Le tapis roulant de la circulation générale



Echelles caractéristiques

- *Latitudes tropicales*
 - *Rayon interne de déformation : 300 km*
 - *Structure feuilletée des courants*
 - *Anisotropie : $L_x = 800 \text{ km}$ $L_y = 100 \text{ km}$*
 - *Temps d'ajustement : quelques mois*
- *Latitudes tempérées*
 - *Rayon interne de déformation : 50 km*
 - *Courant de bord ouest : 30 - 80 km*
 - *Temps d'ajustement : dizaines d'années*
- *Hautes latitudes*
 - *Rayon interne : 10 - 30 km*
 - *Processus intermittent : convection*
- *Circulation thermohaline océanique*
 - *Equation advection-diffusion : 100 - 1000 ans*



L'océan et le système climatique

Partie 1 - Comment se caractérise l'océan ?

Qu'est-ce qui fait bouger l'océan ?

Comment se transforment les eaux océaniques ?

Les grandes caractéristiques de la circulation

Partie 2- Comment l'océan intervient dans le climat ?

El Niño : le couplage tropical

Oscillation Nord Atlantique : variabilité décennale

Événements d'Heinrich : surprises climatiques

Partie 3- Questions pour le 21^{ème} siècle

Le niveau de la mer

Les risques de circulation

L'océan biologique

L'océan sous surveillance



L'océan, mémoire du climat

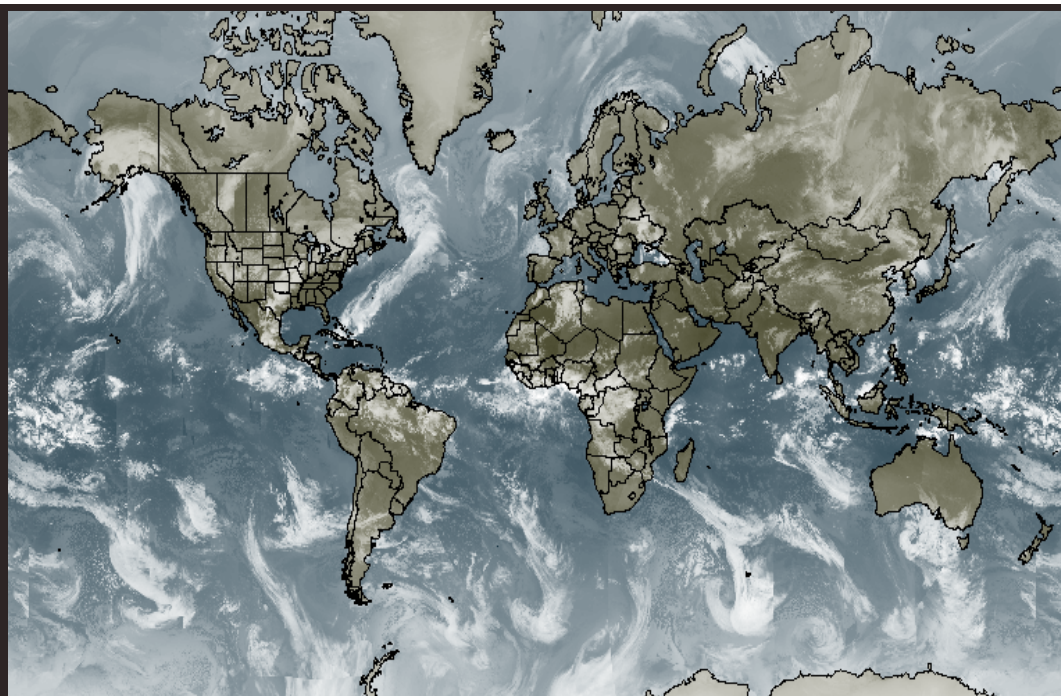
Atmosphère

- Rapide (jour - 3 semaines)
- Peu de mémoire
- Chauffée par le bas

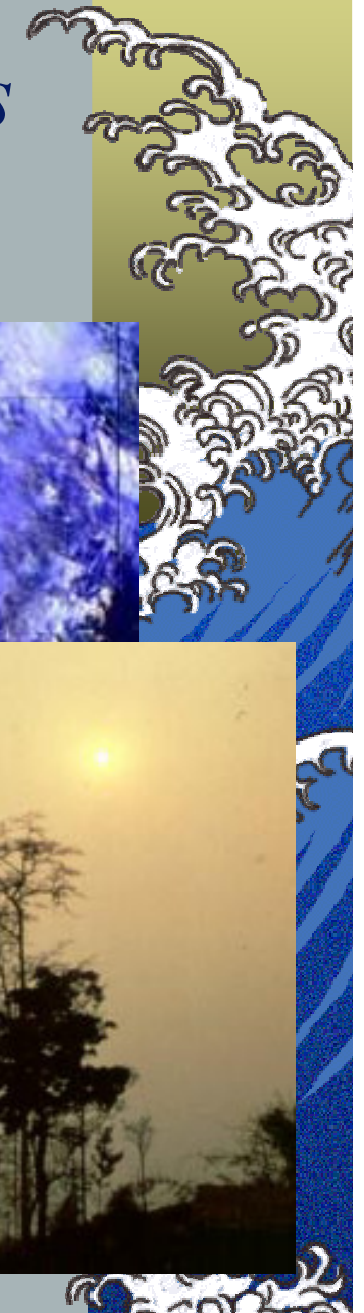
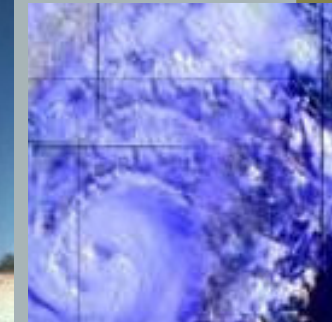
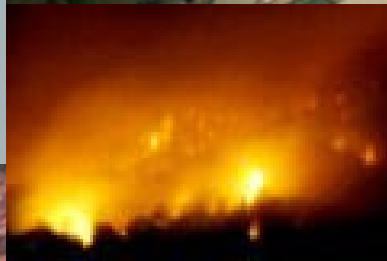


Océan

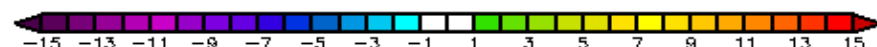
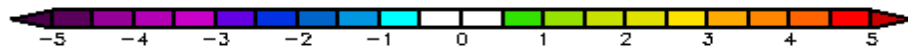
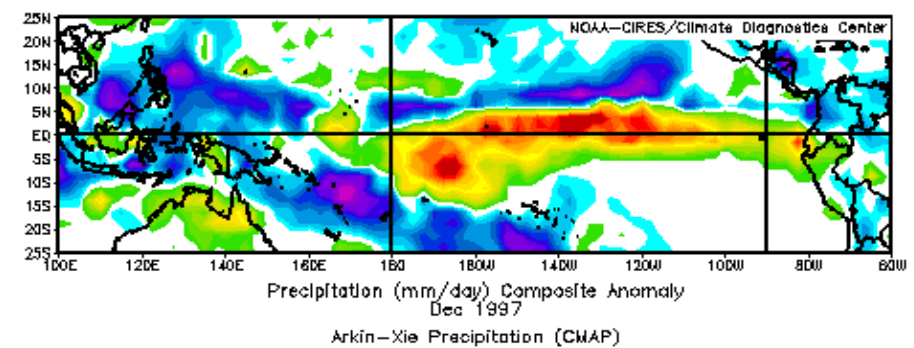
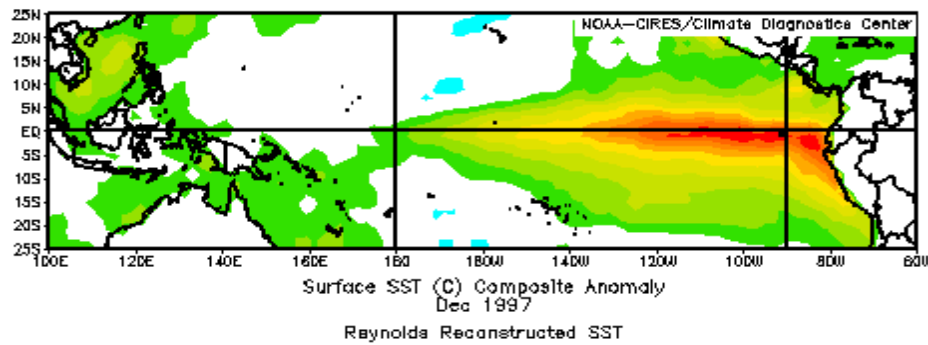
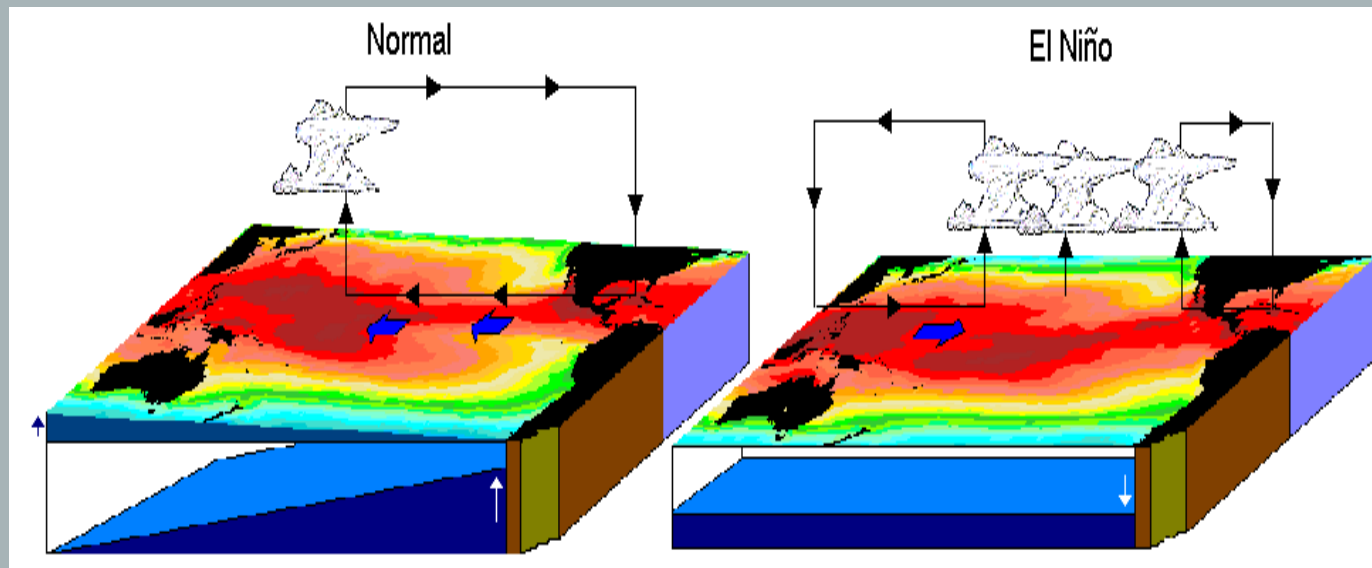
- Lent (saison - 1000 ans)
- Inertie thermique
- Chauffé par le haut
- Opaque



El Niño : enfant terrible des tropiques

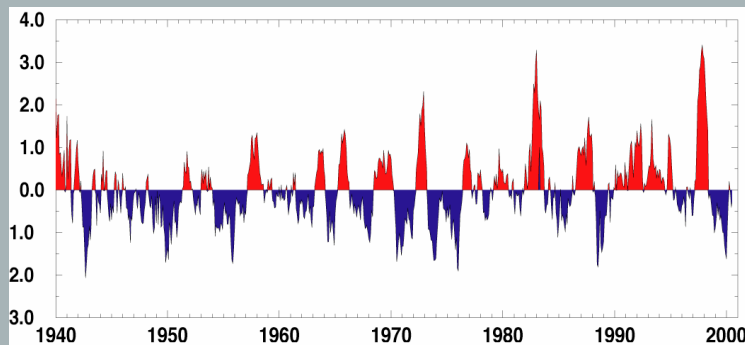
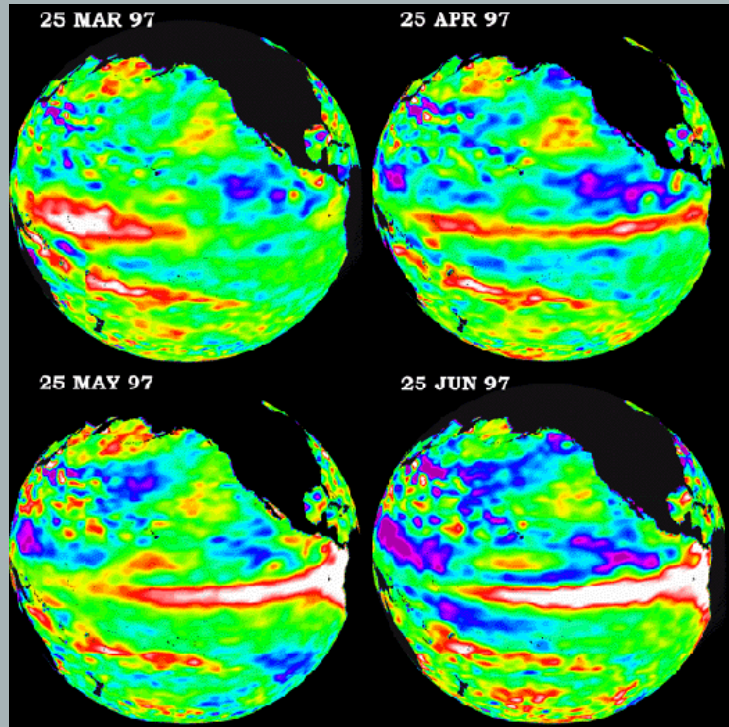


El Niño : caractéristiques



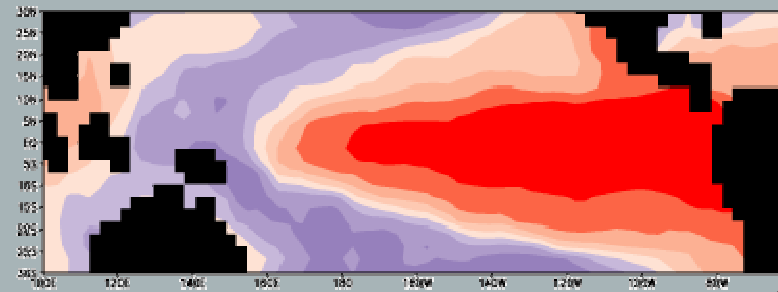
El Niño : une histoire

Une phase de développement

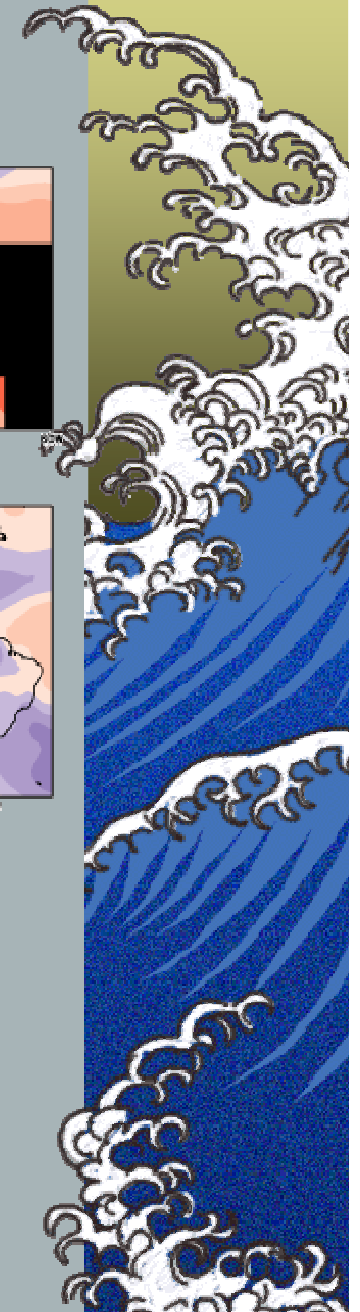
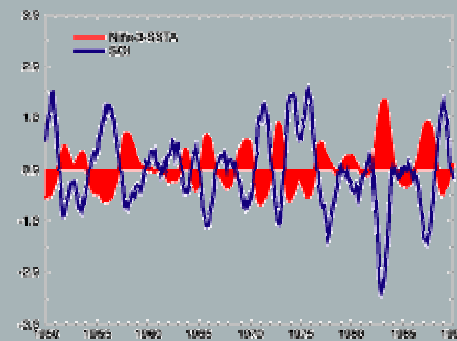
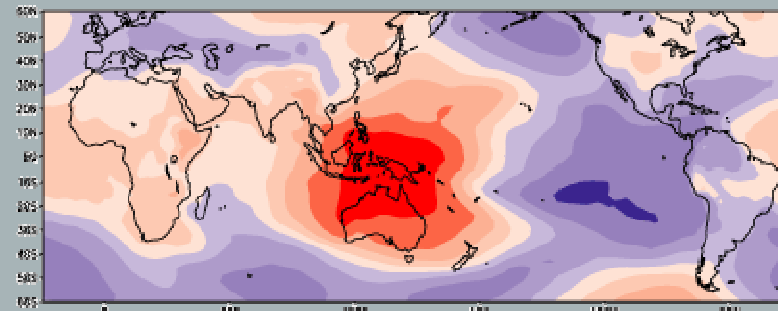


La maturité

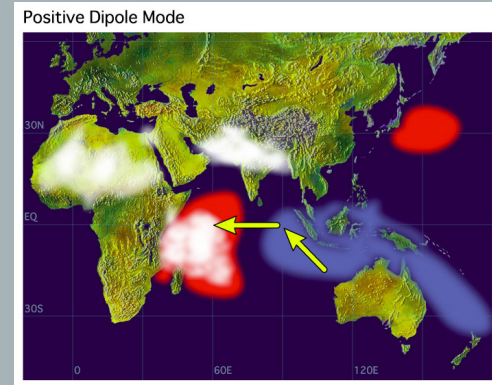
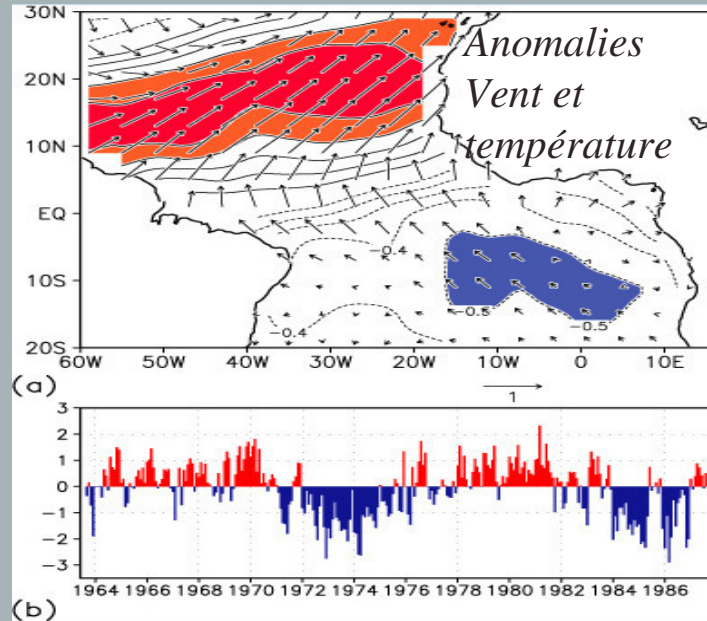
El Niño



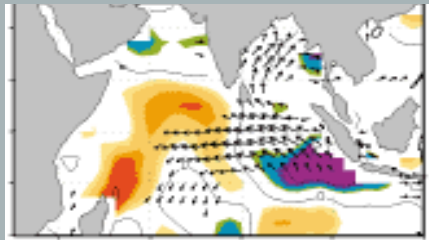
Southern Oscillation



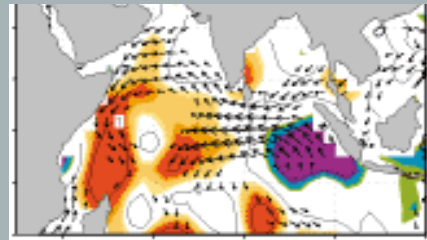
Les autres océans tropicaux



October 1961



October 1994



October 1997

