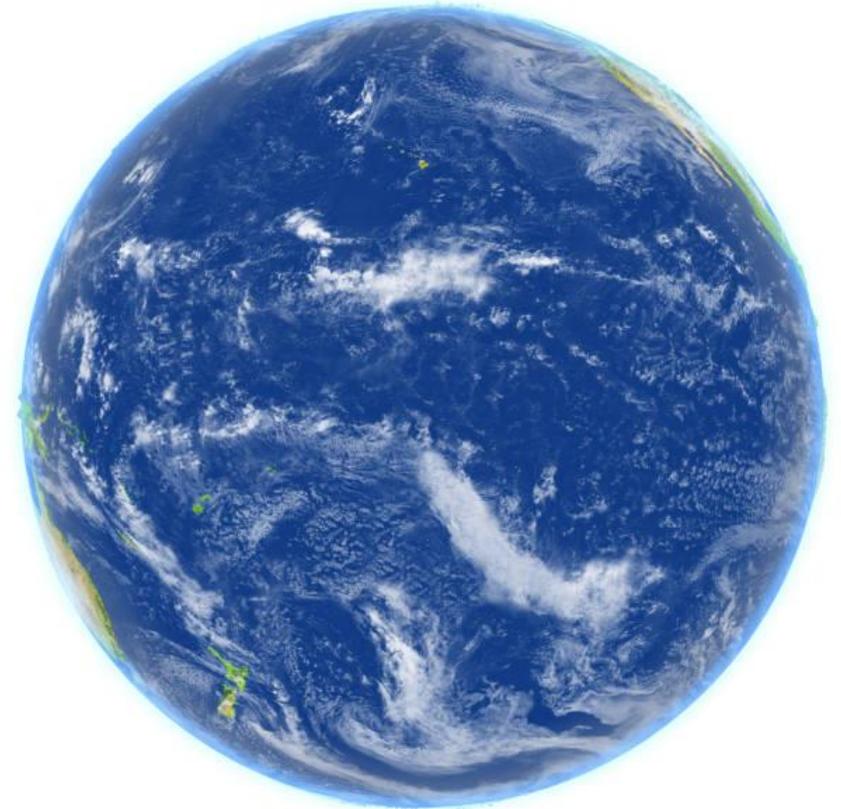


La Mer Méditerranée: Histoire et mouvement

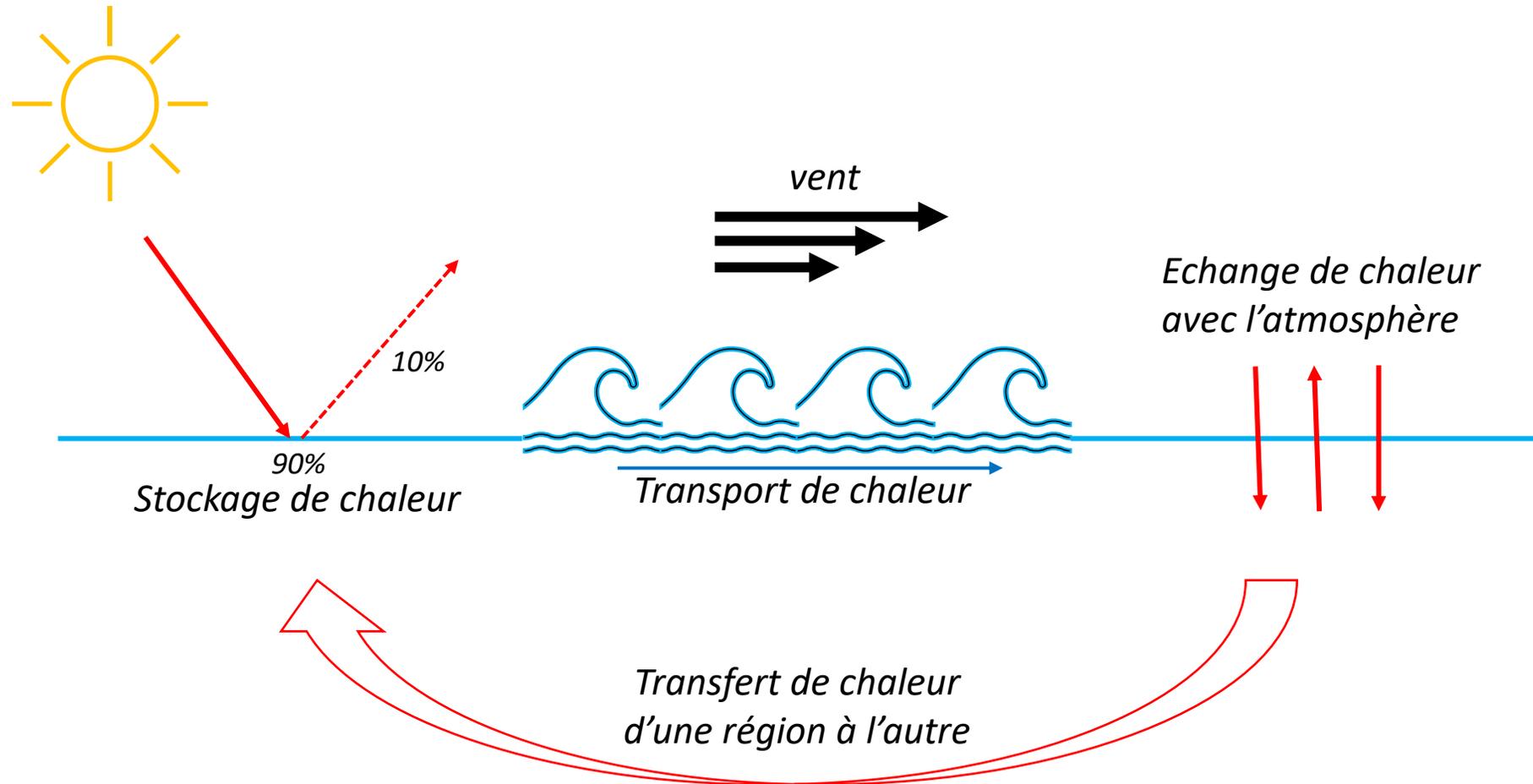
- Généralités de l'océan

- 70% du globe
- Profondeur:
moyenne = 4000m
maximal = 11 000m (fosse des Mariannes)
- Salé: modification des propriétés de l'eau
(ex: température de congélation de l'eau de mer à -2°C)
- **Forte capacité thermique = réservoir de chaleur:**
Tempère les variations de température sur Terre



Océan pacifique

- Généralités de l'océan



- Circulation océanique

Générale

Combinaison complexe entre la circulation thermohaline, la circulation due aux vents, et la force de Coriolis

- Circulation océanique

Générale

Combinaison complexe entre la **circulation thermohaline**, la circulation due aux vents, et la force de Coriolis

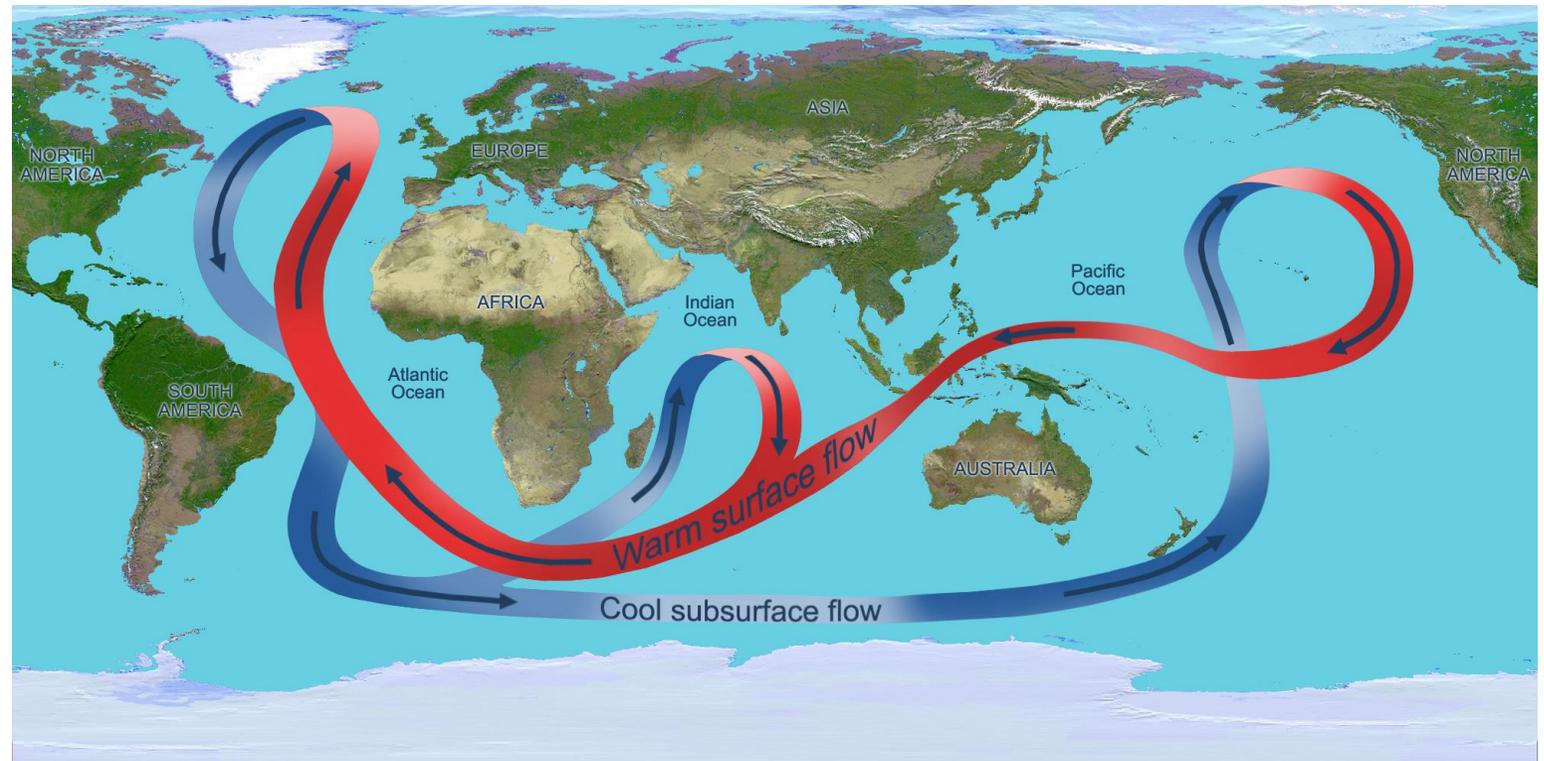
Thermo=Température
Haline=Sel

→ Densité

« Le tapis roulant »

Responsable des grands
mouvements océaniques

Temps de voyage d'une
particule d'eau = 1000 ans



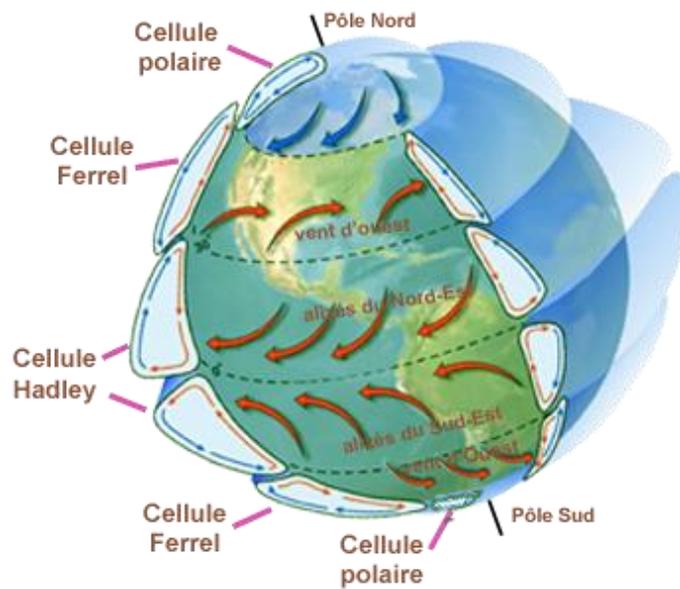
<https://svs.gsfc.nasa.gov/3816>

- Circulation océanique

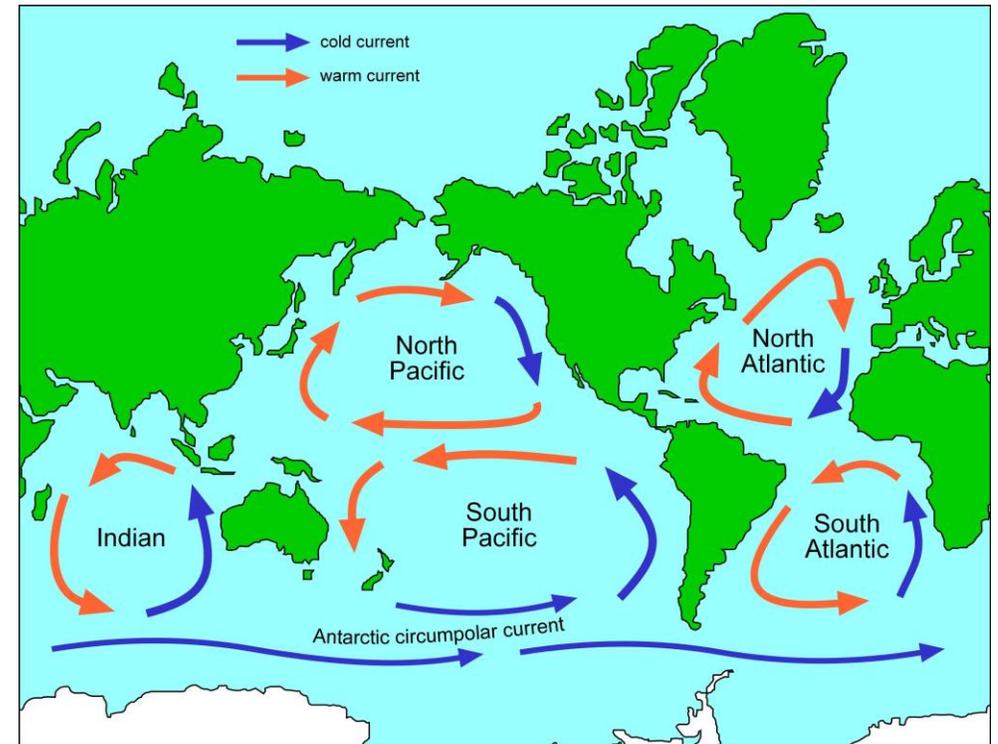
Générale

Combinaison complexe entre la circulation thermohaline, la circulation due aux vents, et la force de Coriolis

Vents: Alizées et Vents d'Ouest



Formations des grandes gyres



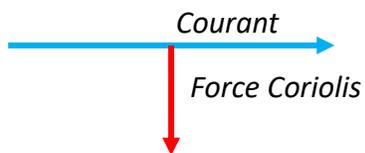
- Circulation océanique

Générale

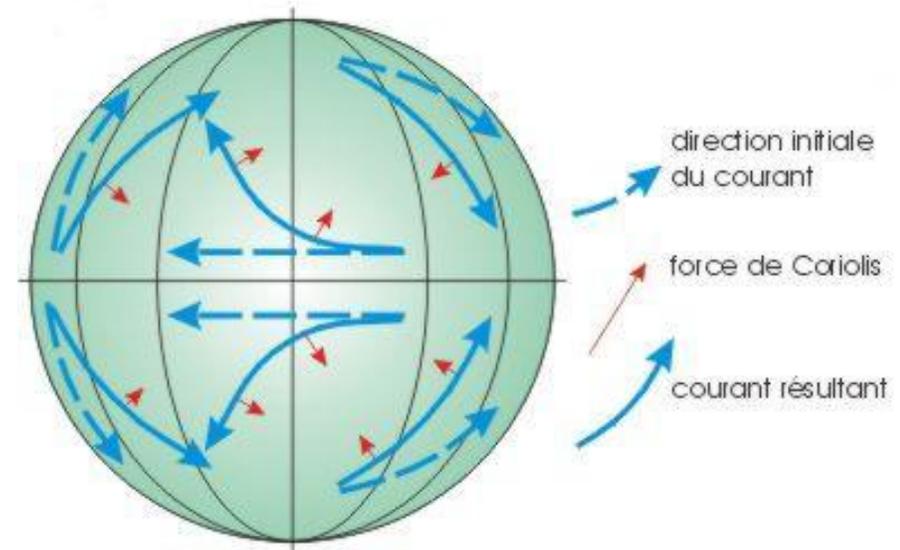
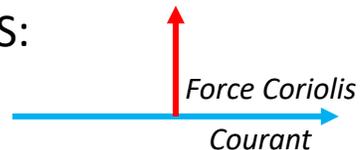
Combinaison complexe entre la circulation thermohaline, la circulation due aux vents, et **la force de Coriolis**

*Force de Coriolis:
Force fictive due à la rotation de la Terre. Elle dévie le mouvement des masses d'eau et de l'air vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud*

HN:



HS:



- Circulation océanique

Générale

**Vision stationnaire de la circulation océanique
(pas de variations spatio-temporelles)**

- Circulation océanique

Fines échelles

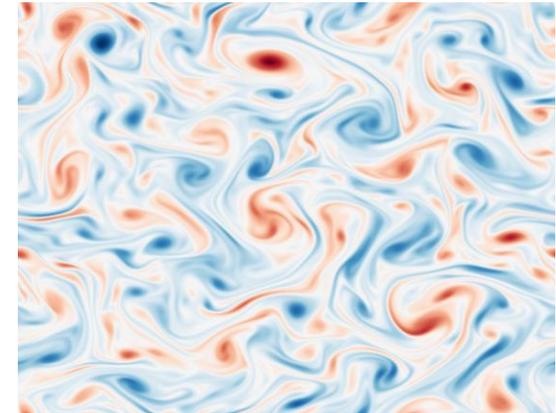
En réalité la circulation est encore plus complexe: résultat des mouvements turbulents de l'eau induits par les nombreuses forces externes et leur combinaison

- Circulation océanique

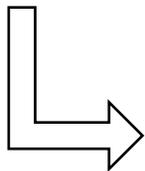
Fines échelles

En réalité la circulation est encore plus complexe: résultat des mouvements turbulents de l'eau induits par les nombreuses forces externes et leur combinaison

Compréhension permise à partir des années 40 avec le développement des calculs numériques, de l'imagerie satellitaire et d'instruments tels que les bouées dérivantes



La circulation à une forte caractéristique tourbillonnaire, les mouvements sont variables dans le temps et l'espace: Notion de chaos

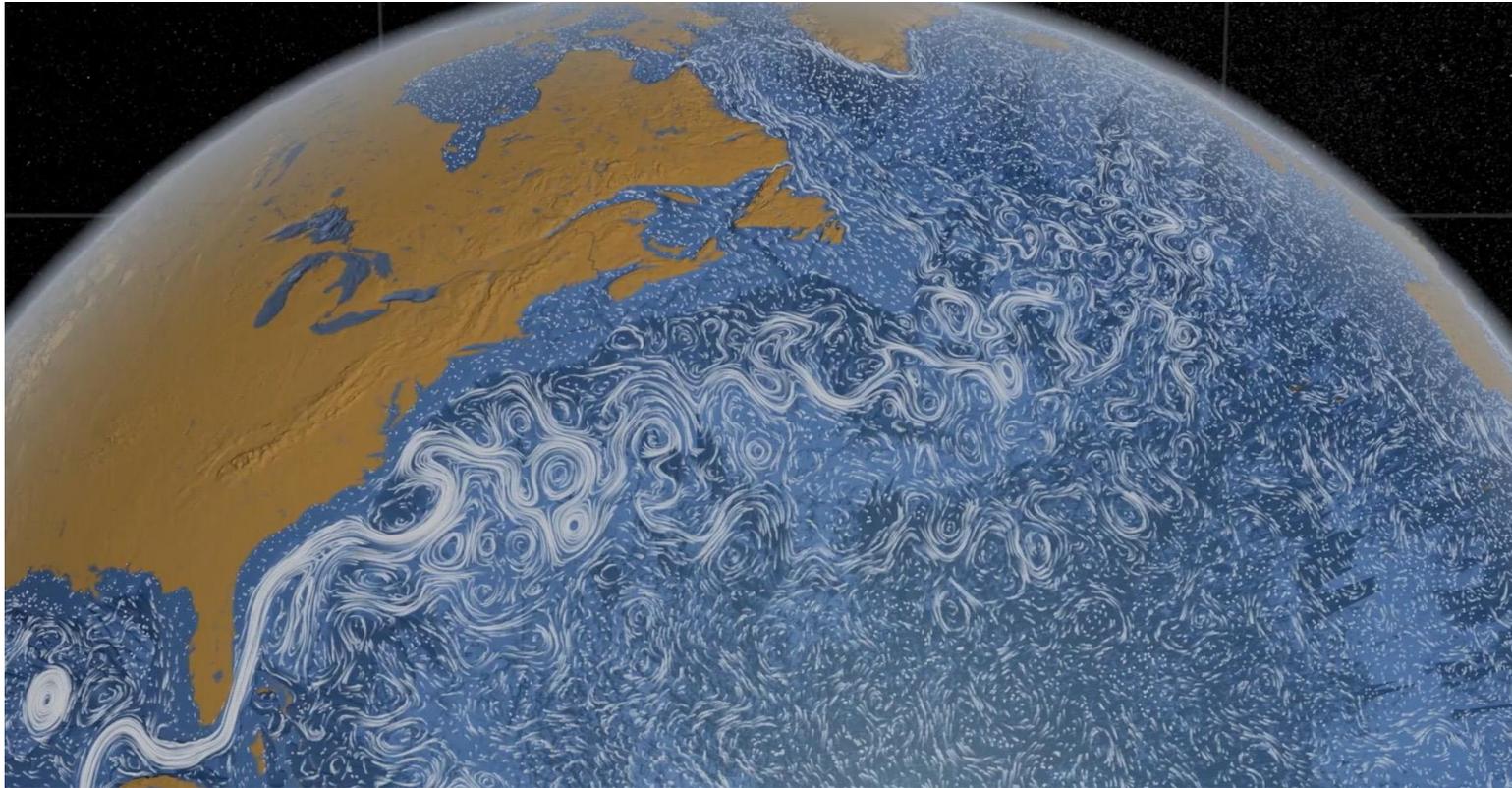


Difficultés (voir impossibilité) de prédire les mouvements de l'eau dans l'océan

- Circulation océanique

Fines échelles

En réalité la circulation est encore plus complexe: résultat des mouvements turbulents de l'eau induits par les nombreuses forces externes et leur combinaison



<https://www.youtube.com/watch?v=CCmTYOPKGDs>

- Généralités

Mer Méditerranée
« *Mar medi Terra* »
« *Mer au milieu des Terres* »



Carte Pisane
c. (1258 - 1291)
1045 mm x 502 mm
Paris, Bibliothèque Nationale

Plus vieille carte marine connue

Pourquoi l'étudier?

- Son histoire à un lien très étroit dans l'origine et le développement des civilisations
- Modèle miniature de la circulation globale
- Etude et prévision des impacts du réchauffement climatique

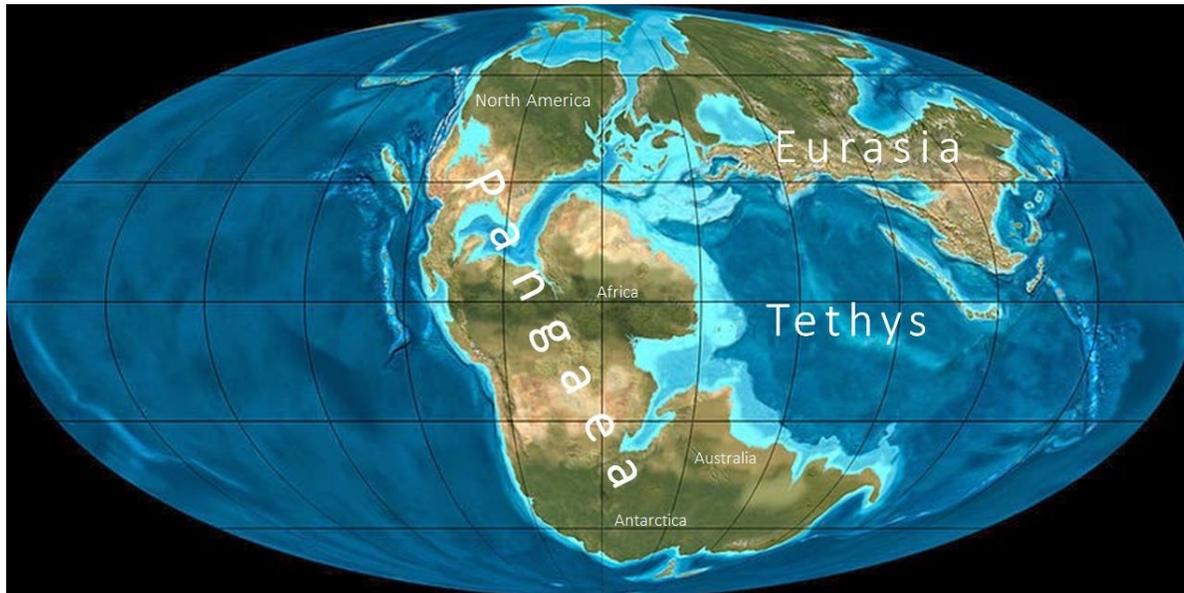
- Une histoire géologique

« Fermeture » du Téthys

-145Ma

Crétacé

-66Ma



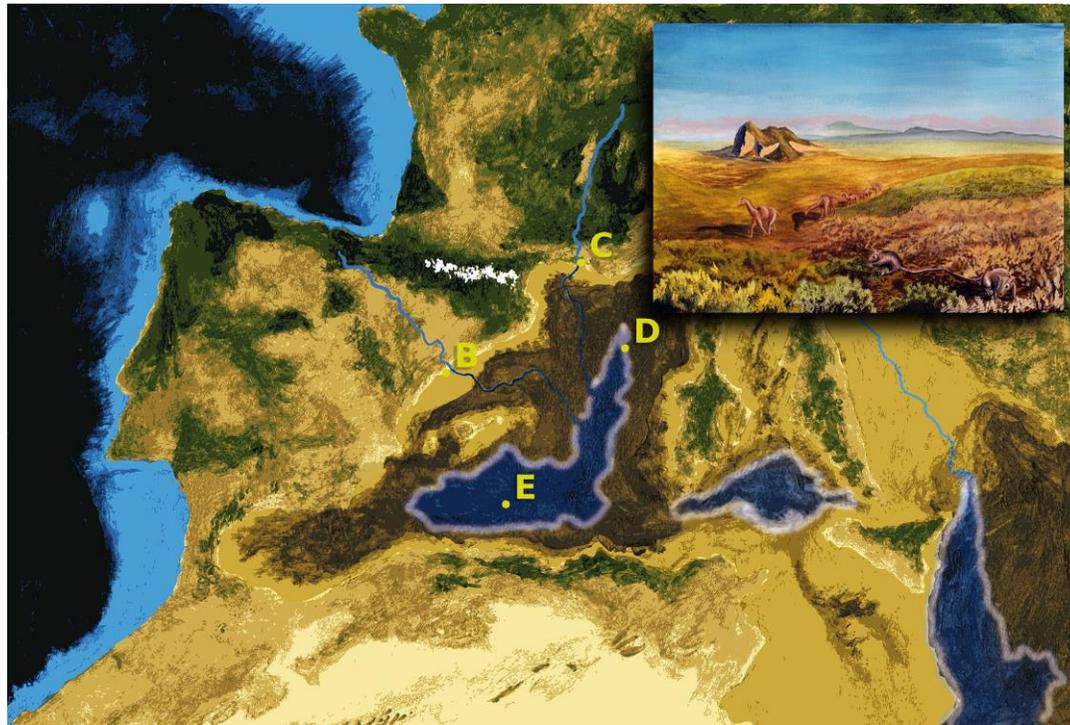
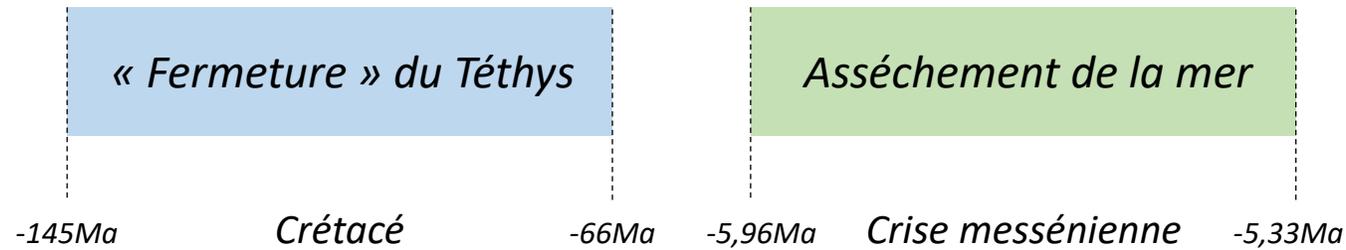
Tectonique des plaques

Rapprochement des continents Africain et Eurasien:

Formation de la Mer Méditerranée d'aujourd'hui

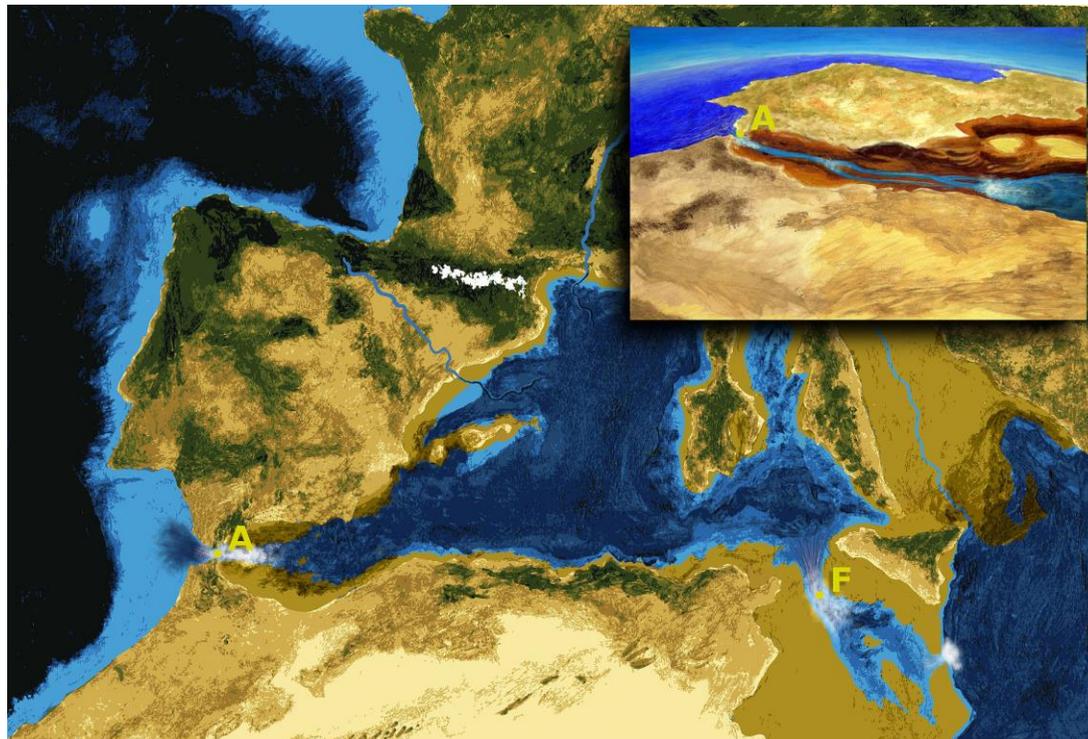
La terre est toujours mouvante à des échelles de temps géologique

- Une histoire géologique



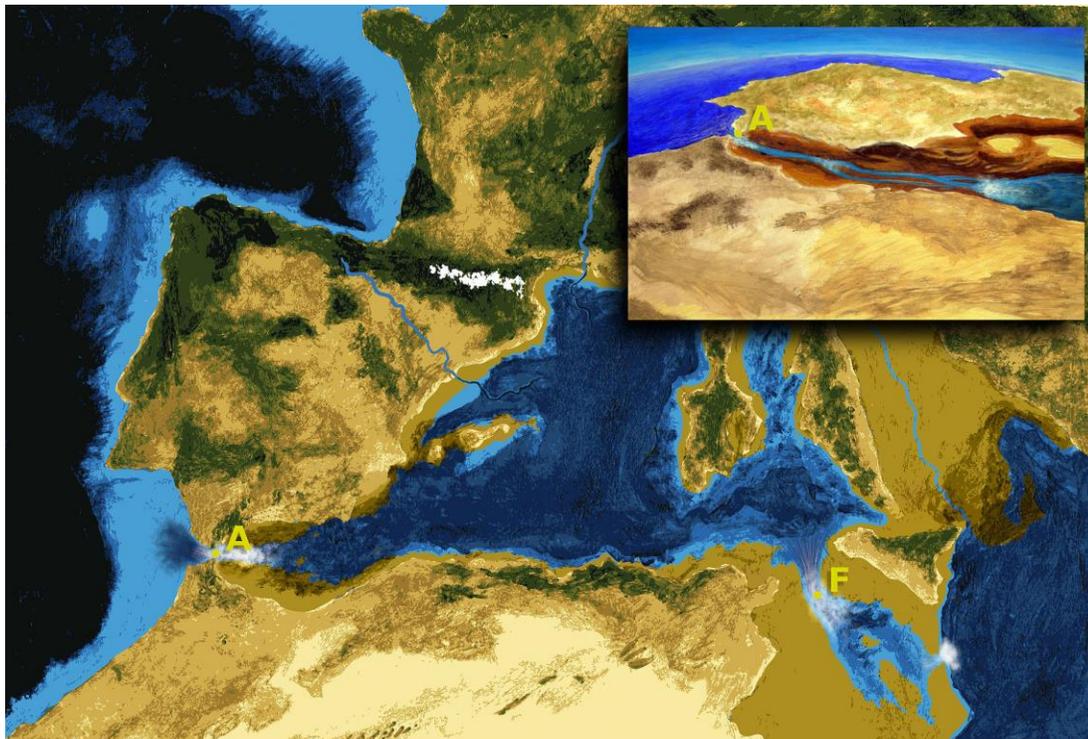
- Mer Méditerranée = Bassin d'évaporation: Evaporation >> Précipitation
- Fermeture de détroit de Gibraltar
- Baisse du niveau d'eau de 1500m sur tout le bassin:
Assèchement quasi total

- Une histoire géologique



- Ouverture du détroit de Gibraltar
- Débit de $10^8 m^3 \cdot s^{-1}$!!! Equivalent de mille fois le débit de l'Amazone
- Remise en eau en quelques décennies

- Une histoire géologique



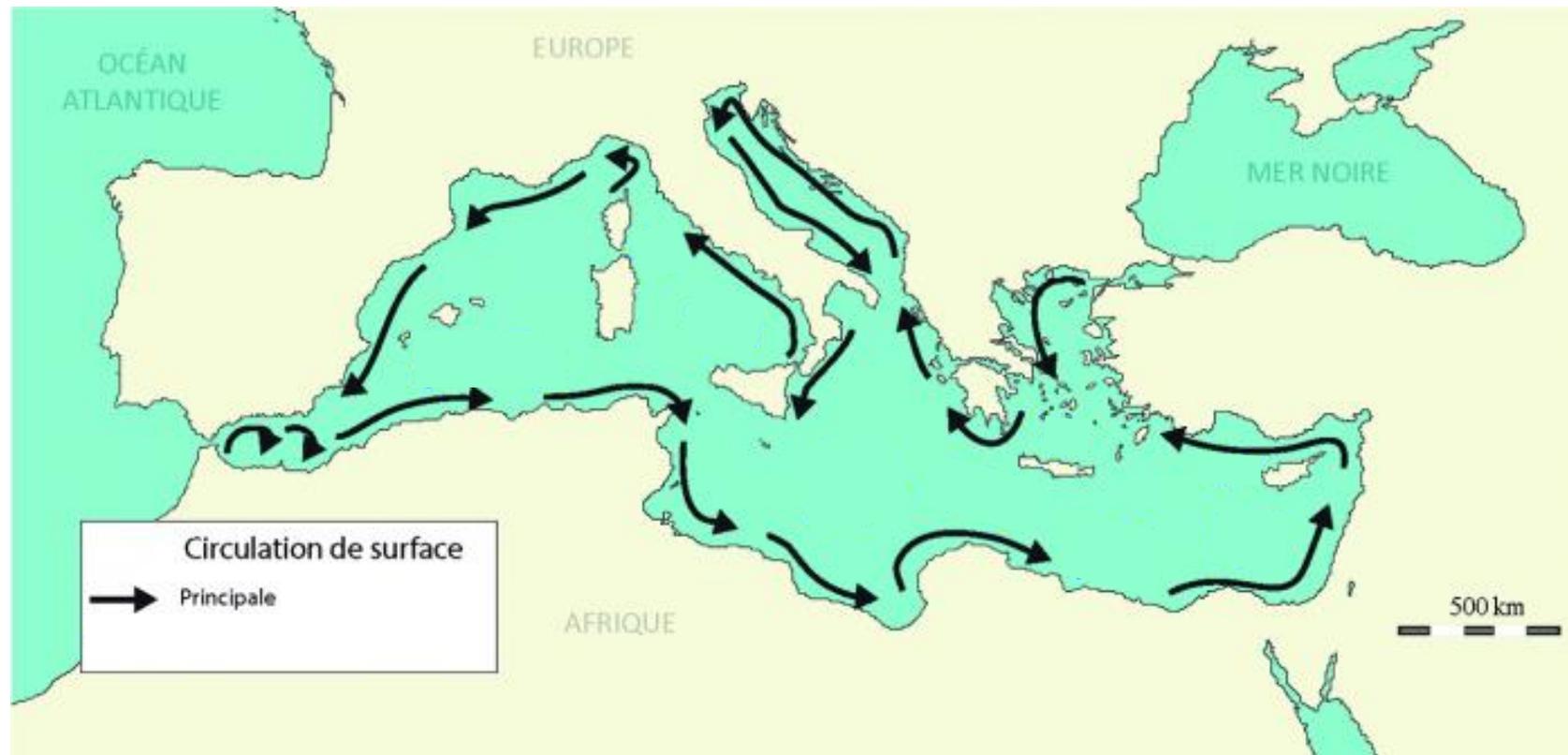
- Ouverture du détroit de Gibraltar
- Débit de $10^8 m^3 \cdot s^{-1}$!!! Equivalent de mille fois le débit de l'Amazone
- Remise en eau en quelques décennies

Aujourd'hui les fonds marins de cette mer se modifient encore sous l'influence de la tectoniques des plaques (conséquences: volcanisme, séismes)

- Circulation

Générale

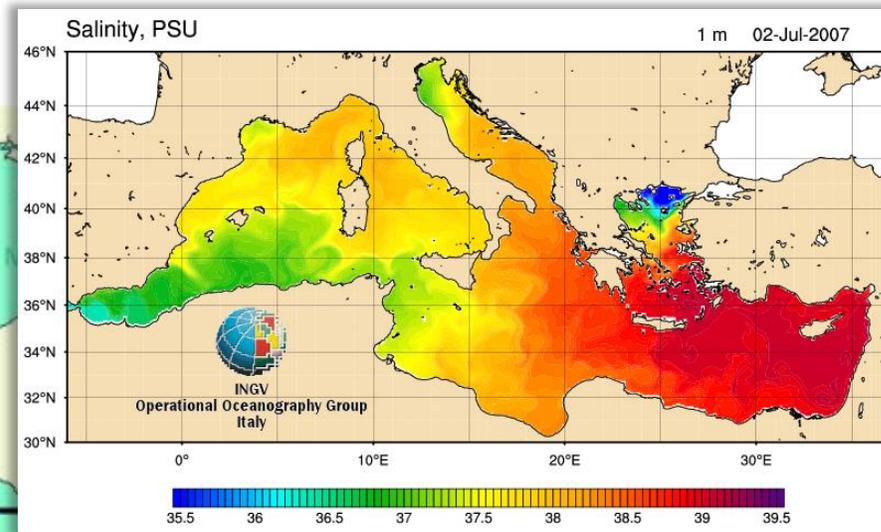
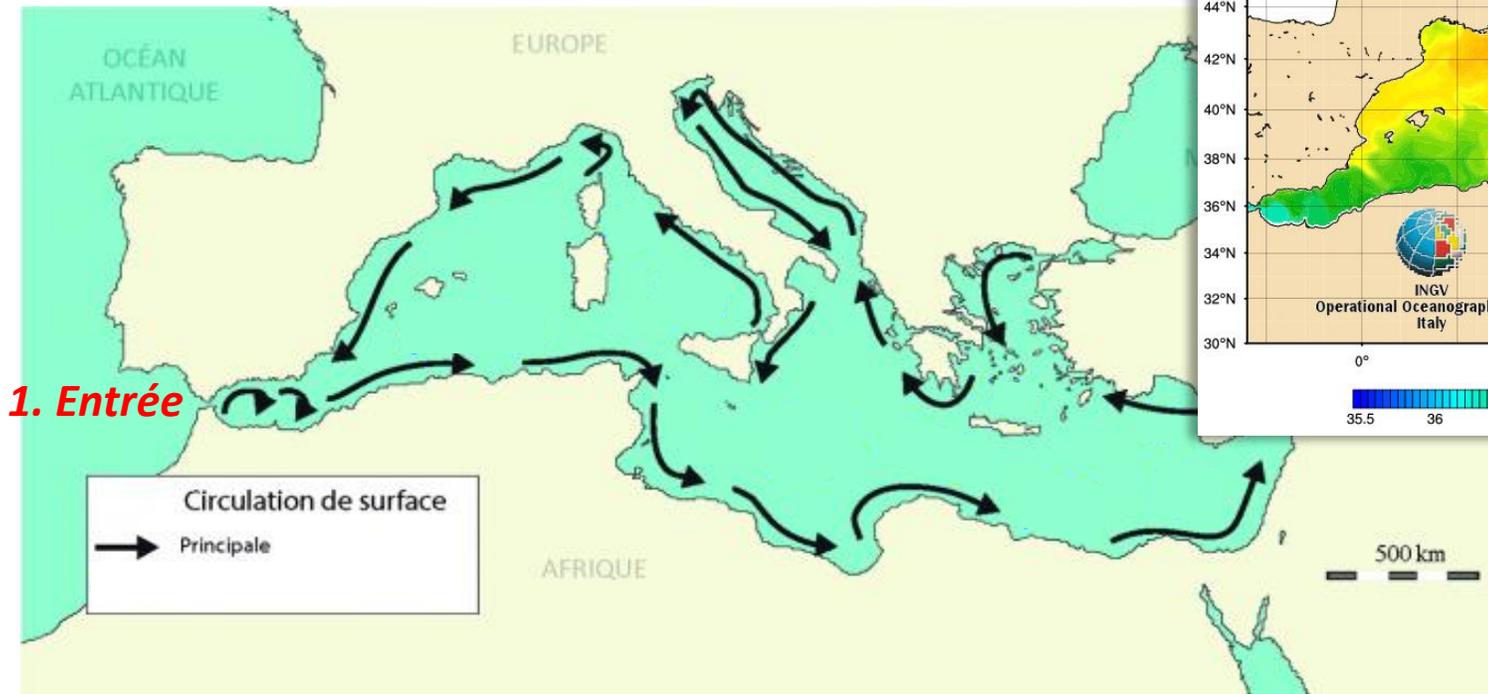
Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante



- Circulation

Générale

Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante

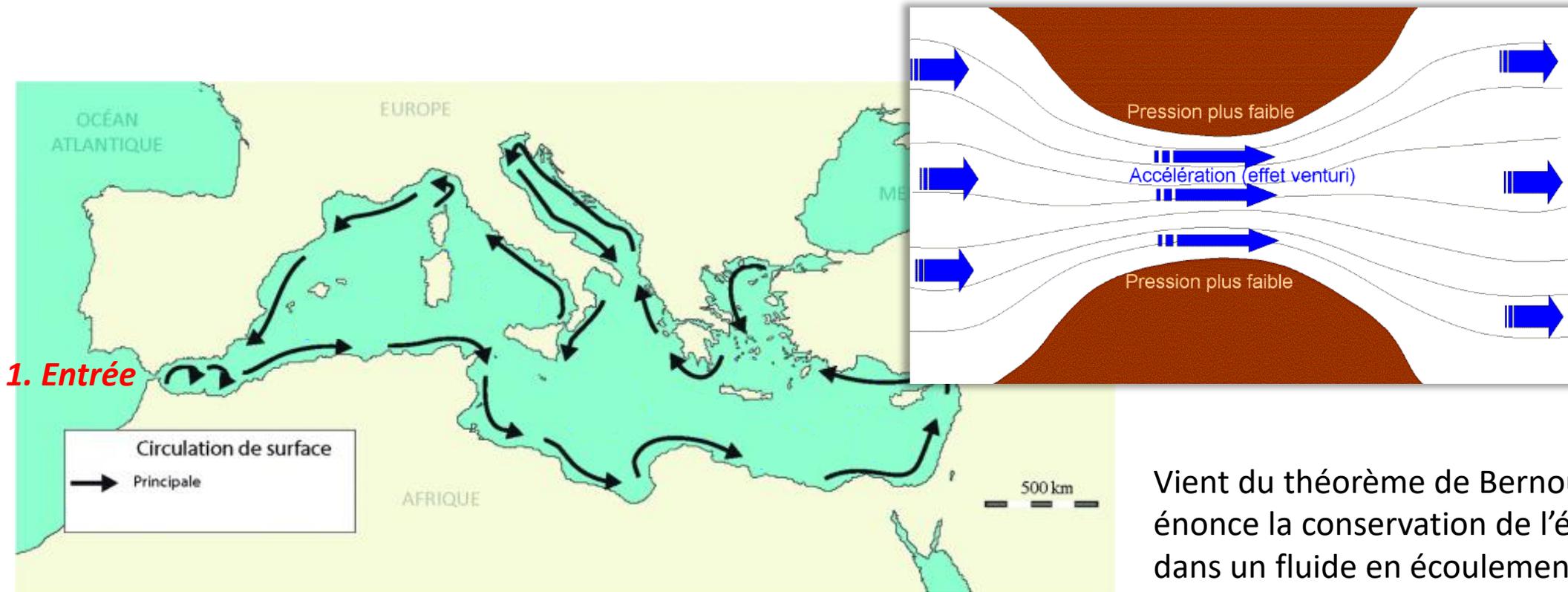


L'eau Atlantique entre par le détroit par différence de niveau. Cette eau est moins salée, donc moins dense, elle circule alors en surface.

- Circulation

Générale

Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante

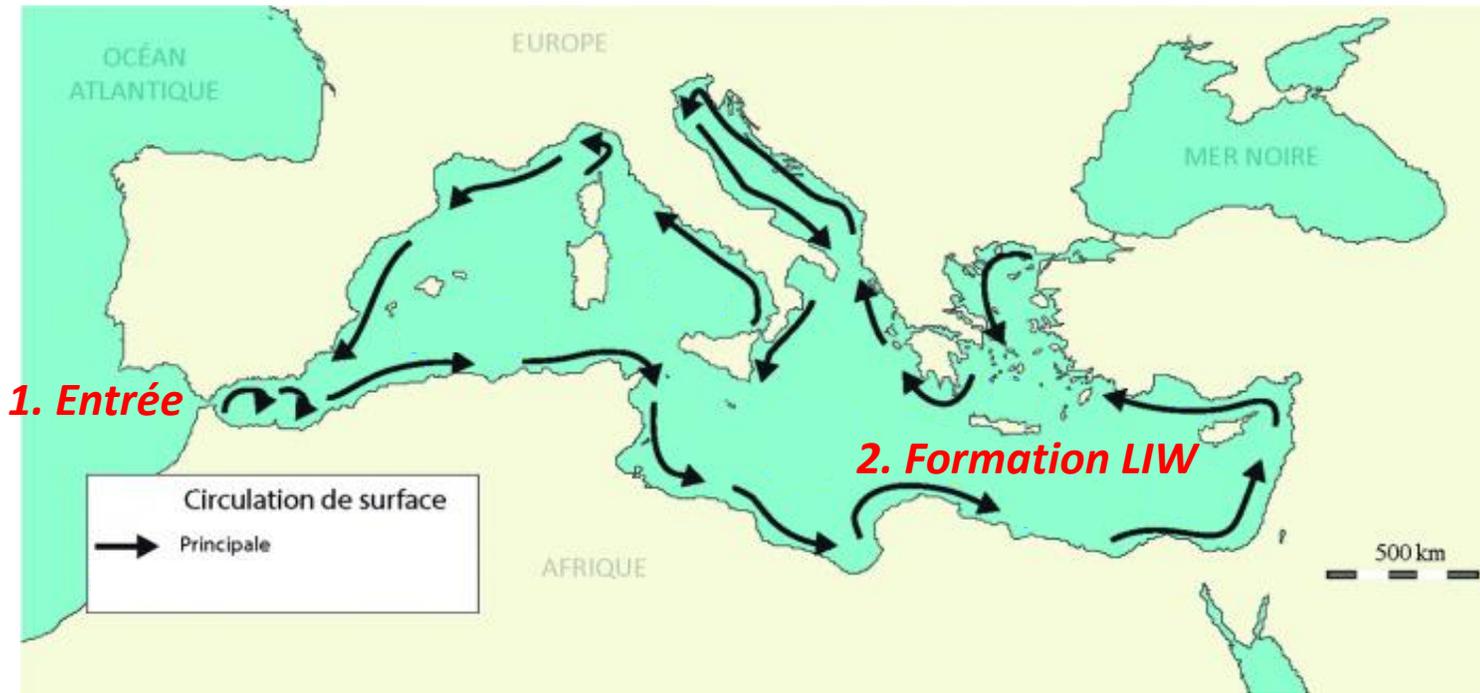


Vient du théorème de Bernoulli qui énonce la conservation de l'énergie dans un fluide en écoulement

- Circulation

Générale

Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante



LIW: Levantine Intermediate Water

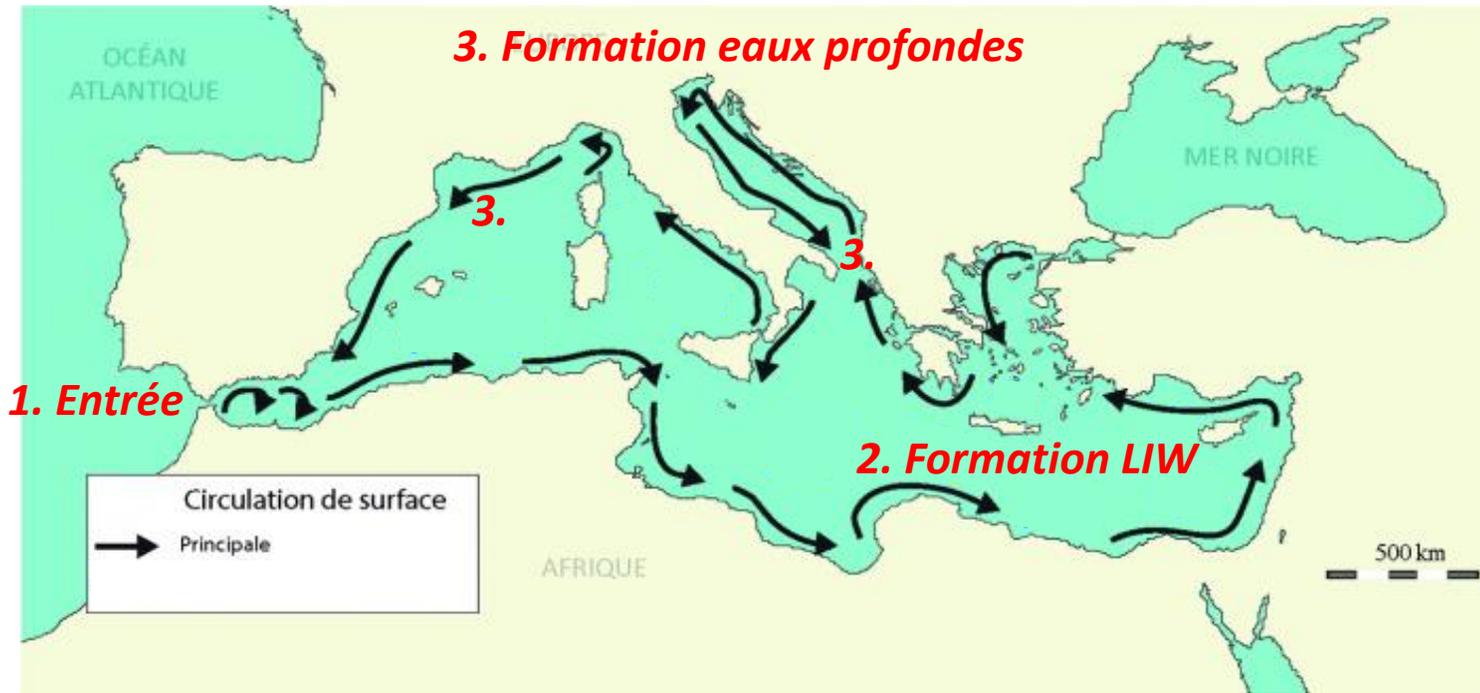
Bassin Levantin:

Conditions intenses d'évaporation et de refroidissement dû aux vents. Ce qui entraîne la formation d'une eau plus lourde = eau intermédiaire (LIW)

- Circulation

Générale

Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante

**Golf du Lion et Mer Adriatique:**

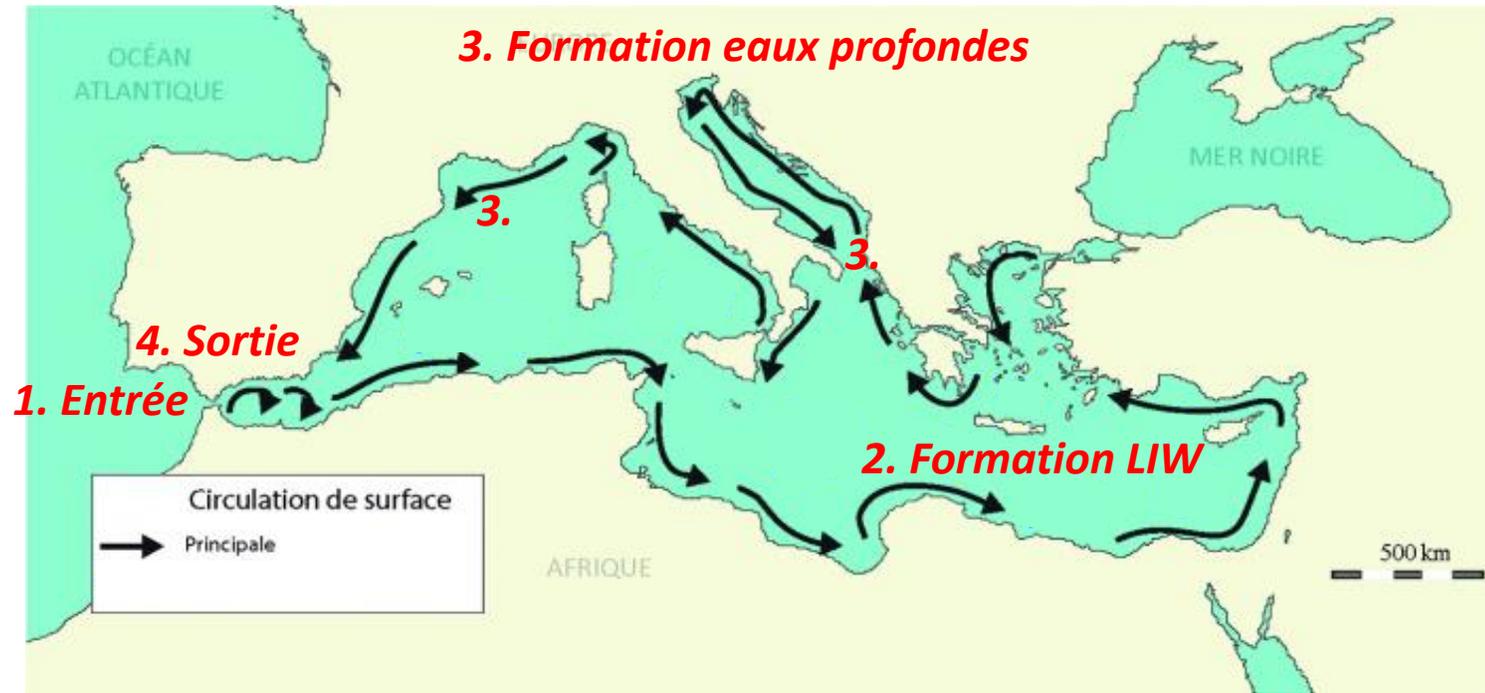
Les vents du Nord très froid et secs en hiver font plonger ici les eaux de surface qui se mélangent alors avec la LIW, ce qui forme des eaux encore plus lourdes

LIW: Levantine Intermediate Water

- Circulation

Générale

Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante



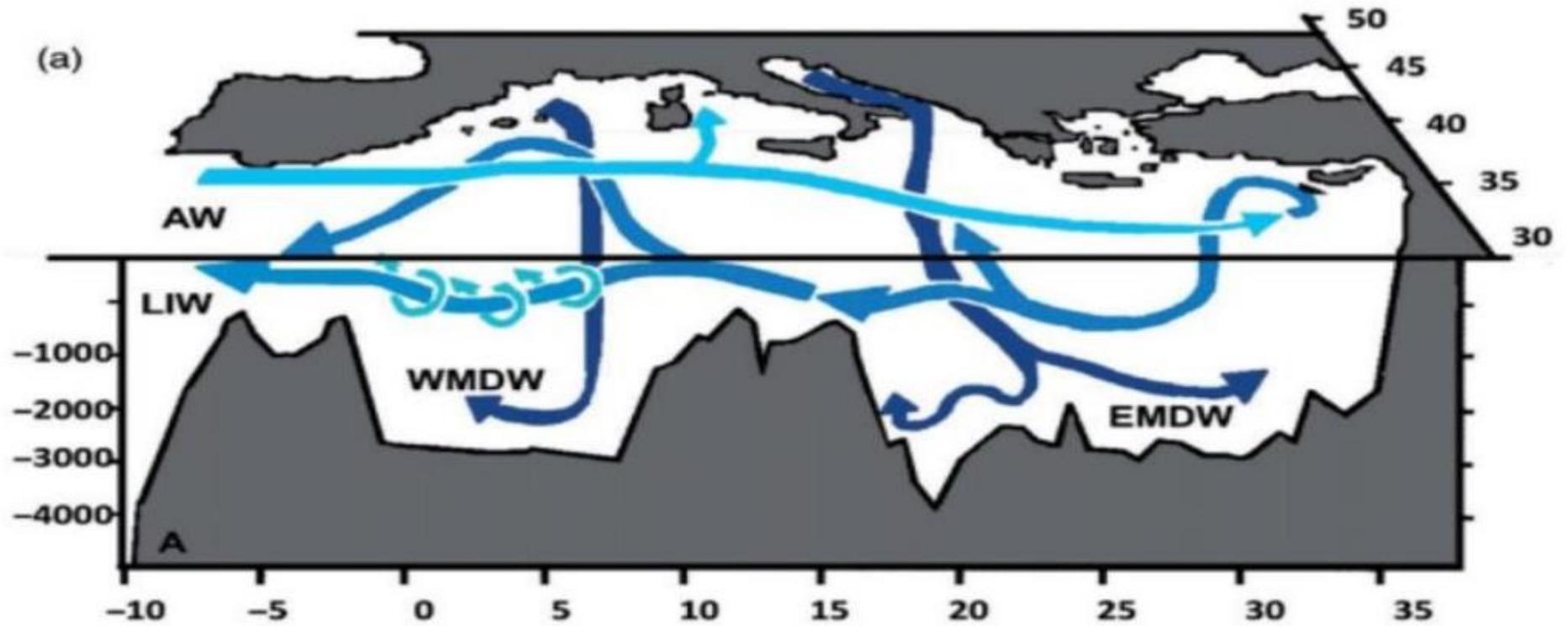
Une partie de la LIW formée sort par le détroit de Gibraltar et une autre partie recircule selon le même chemin

LIW: Levantine Intermediate Water

- Circulation

Générale

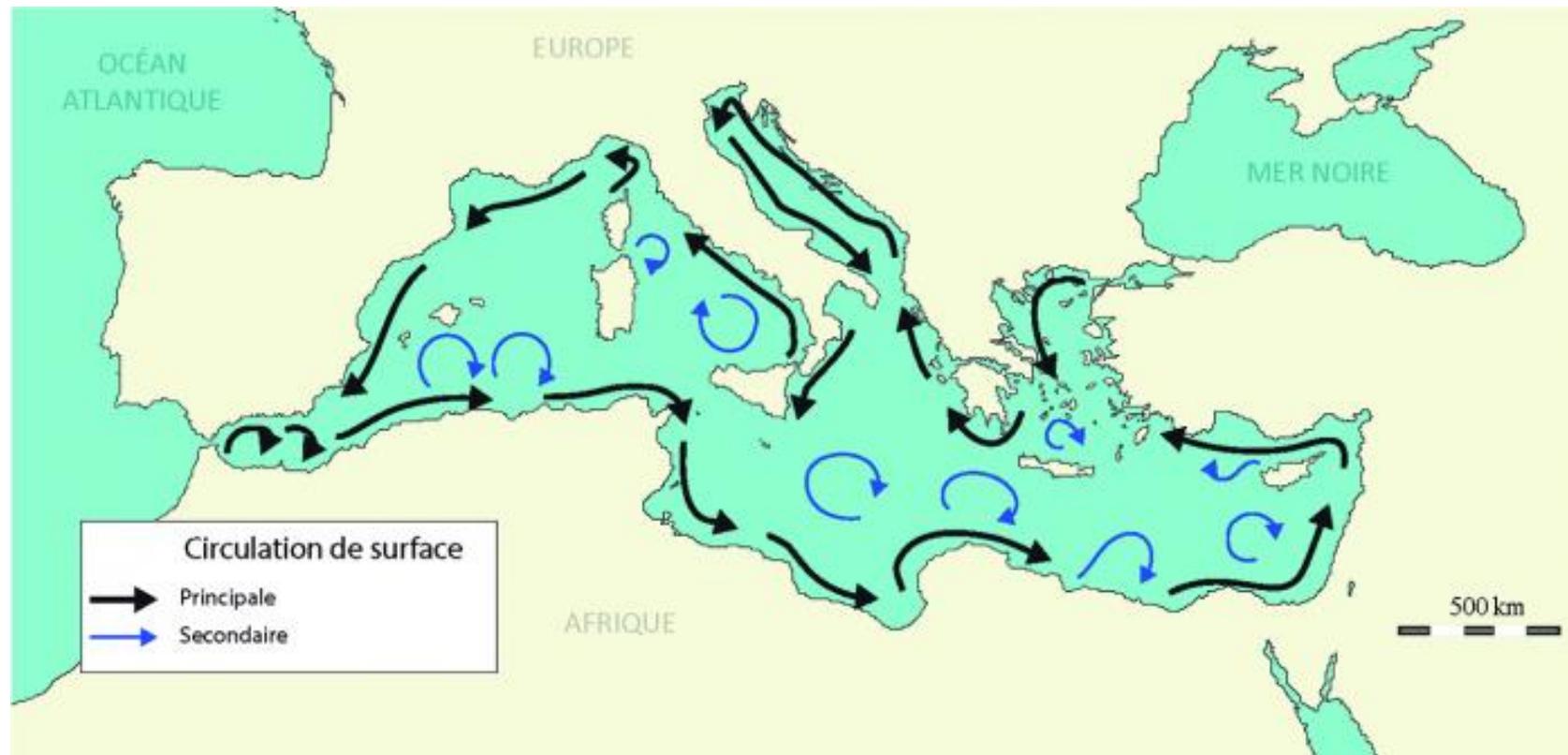
Transformation graduelle de l'eau Atlantique entrante



- Circulation

Secondaire

Formations de tourbillons de méso-échelles (100km de diamètre)



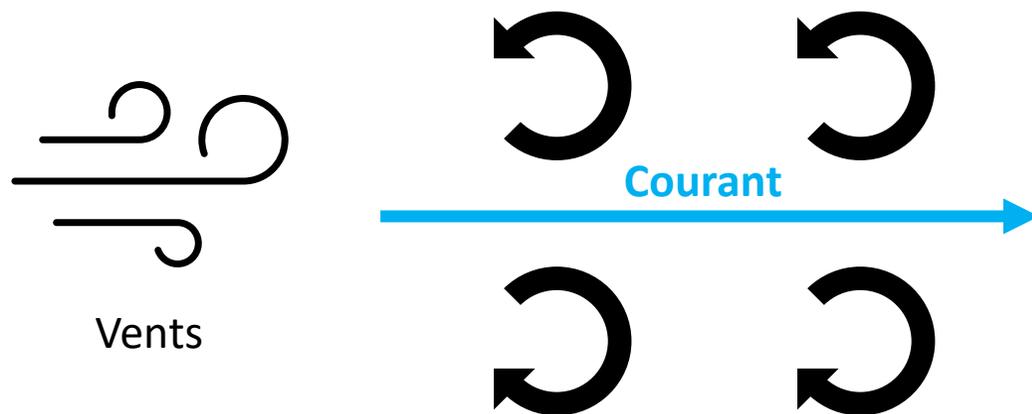
- Circulation

Secondaire

Formations de tourbillons de méso-échelles (100km de diamètre)

Causes = Vents + Instabilités physiques

Les vents donne de la vorticité (tendance d'une particule à tourner) aux particules du fluide en écoulement



**Exemple d'instabilités physiques:
Instabilités de Kelvin-Helmholtz**

Lorsque 2 fluides qui n'ont pas la même vitesse s'écoulent l'un à côté de l'autre



- Circulation

Fines-échelles

*Combinaison de tout les forçages physiques sur le fluide en mouvement: **Chaos***



- Circulation

Fines-échelles

*Combinaison de tout les forçages physiques sur le fluide en mouvement: **Chaos***

Quelques processus physiques de fine-échelle:

- Up-welling et down-welling
- Tourbillons de fine-échelle
- Fronts
- Filaments

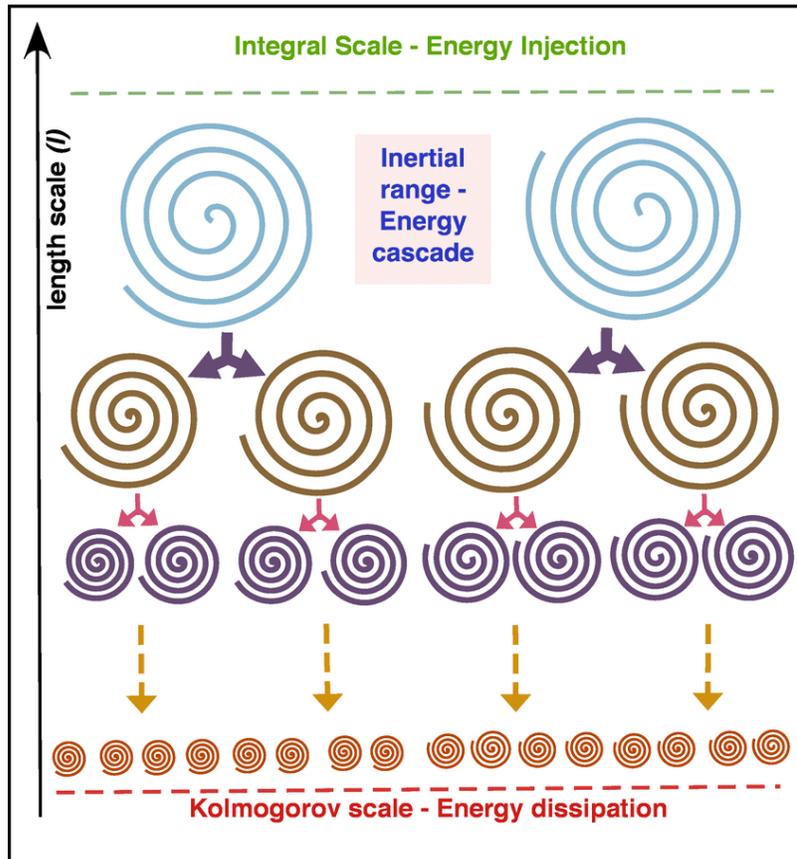
Rôle important dans les transferts d'énergie (donc de chaleur), et également dans les mécanismes biologiques de l'océan



- Circulation

Cascade turbulente

Fines-échelles



- La Mer Méditerranée est une entité dynamique d'un point de vue géologique et hydrologique
- La compréhension des processus commence une fois que l'on a défini l'échelle spatio-temporelle à laquelle on observe les phénomènes
- Le chaos est une notion très importante et très problématique en mécanique des fluides

Et la vie?



Paradoxe du plancton

*Comment une telle diversité d'espèces peut-elle régner face au peu de ressources disponibles ?
Comment tant d'espèces différentes peuvent-elles coexister en contradiction avec le principe d'exclusion compétitive ?*