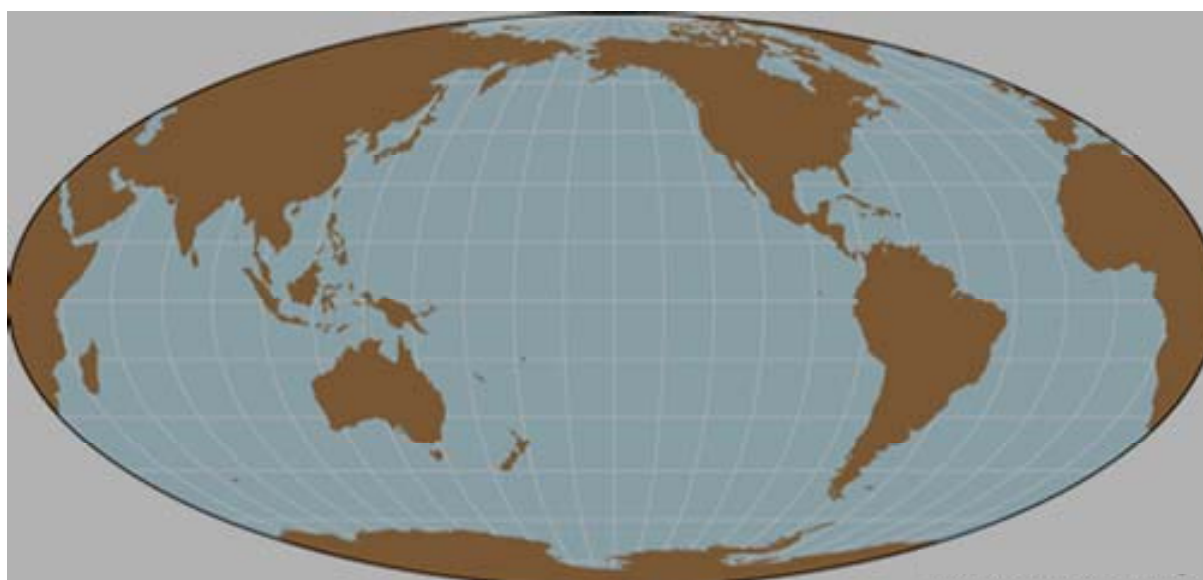


Université Mohammed V – Agdal
Faculté des Sciences
Département de Biologie
Filière SVI, Parcours 'Biodiversité et Environnement'
Module 'Ecologie Marine – Ecotoxicologie'
(SVI/P3/S5-M20)



INTRODUCTION A L'OCEANOGRAPHIE BIOLOGIQUE



Par Hocein BAZAIRI

Professeur Habilité,
Laboratoire de Zoologie et Biologie Générale
Département de Biologie, Faculté des Sciences
Université Mohammed V – Agdal, Rabat

Année universitaire 2011-2012

CHAPITRE 1 : DEFINITIONS ET GENERALITES

1. INTRODUCTION

Qu'est ce que l'Océanographie ?

- Discipline utilisant l'outil scientifique pour étudier et comprendre les océans et les différentes formes de vie marines ;
- Discipline intégrant diverses disciplines scientifiques : Géologie marine, Océanographie physique, Biologie marine, Océanographie chimique, etc.
- Océanographie biologique = discipline étudiant la nature et la distribution des organismes marins.

Le monde des Océans

- Les océans ~ 71% de la surface de la Terre (80% hémisphère sud ; 61% hémisphère nord).
- Profondeur moyenne ~ 4000m (84% > 2000m).
- Volume de l'environnement marin fournit approximativement 300 fois plus d'espace pour la vie que celui fournit par le continent et eaux douces réunis.

'Planète Terre' ou 'Planète Eau' ?!!!

Origine de l'Univers et de la Terre

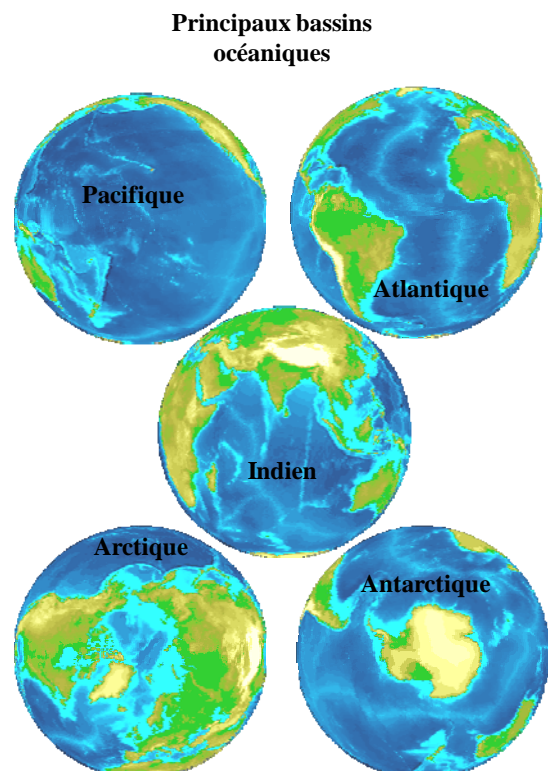
- Théorie de Big Bang : 13 Milliards d'années, univers sous forme de nuages de particules et de gaz.
- Deux évidences essentiellement :
 - 1/- toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres
 - 2/- existence d'un fond de radiation uniforme se propageant dans toutes les directions

Eau et Océans

Comment se sont formés les océans ?

- Processus de 'volcanic outgassing' : les gaz y compris la vapeur d'eau, sont rejetés à la surface de la Terre par les activités volcaniques
- cette vapeur d'eau existait dans l'atmosphère depuis longtemps mais les fortes chaleurs ne permettaient pas sa condensation sous forme liquide.
- Avec le refroidissement de la Terre, vapeur d'eau sous forme liquide, collectée dans des bassins formant les premiers océans.
- Volcanic outgassing' est l'explication la plus acceptée pour l'origine des océans.

Autre hypothèse : eau des océans proviendrait de comètes riches en glace qui bombardaient la terre primitive !



Origine de la vie

- Des scientifiques ont mené des expériences permettant de synthétiser des molécules organiques sous des conditions qui seraient similaires à celles de Terre et atmosphère primitives.
- Les premières formes de vie sont apparues probablement dans les océans.
- Les premiers fossiles de formes vivantes sont des bactéries primitives trouvées dans des roches datant de 3,5 milliards d'années.
- Tous les phyla connus (existant ou fossile) ont fait leur apparition dans l'océan même si certains ont migré après vers les eaux douces et environnements terrestres.
- Actuellement, il y a plus de phyla d'animaux en océan qu'en milieu continentaux, mais la majorité des espèces décrites ne sont pas marines.
- Cette différence en nombre d'espèces serait en relation avec la large variété des habitats terrestres.

Facteurs affectant la vie dans les océans :

Pourquoi la vie serait-elle apparue dans les océans ?

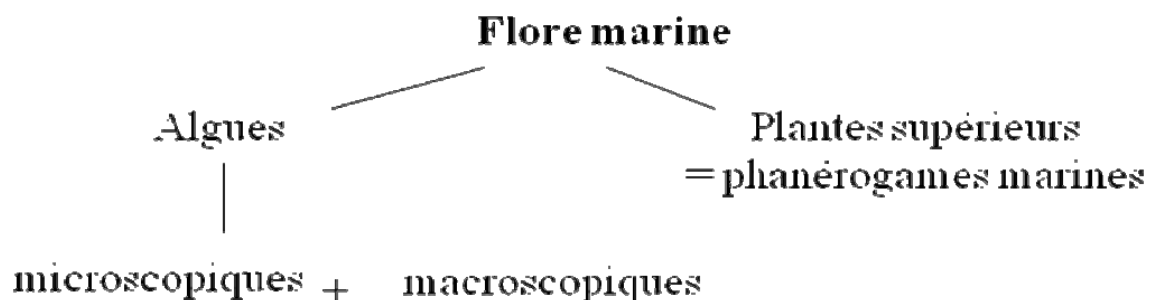
- Effet de la gravité ?
 - Les organismes terrestres avec des squelettes alors les organismes marins ne stockent pas leur énergie dans du matériel squelettique.
 - Flotter et nager demandent moins d'énergie que de marcher et voler
 - Les effets de la gravité sont plus énergiquement coûteux pour les organismes terrestres que marins.
 - Il serait plausible que les premières formes de la vie ont évolué là où la portance par l'environnement permettait une conservation accrue de l'énergie.
- Deux autres caractéristiques de l'océan sont favorables à la vie :
- L'eau est un constituant fondamental de tous les organismes vivants et elle est un solvant universel avec capacité de dissoudre plus de substance que tout autre liquide
- Eau limitative pour la vie sur le continent, elle ne l'est pas dans les environnements marins
- En second lieu, la température des océans ne varie pas de manière drastique comme celle de l'air
- Mais existent des facteurs moins favorables à la vie : radiation solaire et sels nutritifs

Développement historique de l'Océanographie Biologique

- Aristote (384-327 AC) décrit 180 espèces d'animaux marins
- Carl Linné (1707-1778)
- Georges Cuvier, Fin 18 siècle
- Biologistes marins du 19 siècle :
 - Edwards Forbes (1815-54) est considérée comme le père fondateur de l'océanographie biologique,
 - Charles Darwin (1809-1881)
 - W.P. Carpenter & C. Wyville Thomson 'Challenge expedition' (1872-1876) marque le début des études océanographiques systématiques, intégrant les phénomènes physiques, la chimie de l'eau et la biologie.

- Prince Albert Premier (1885) fonda le Muséum d'océanographie de Monaco.
- Alexander Agassiz, fonda le' Museum od Comparative Zoology at harvard'
- Vers fin 19 siècle, petites stations marines (Naples, Denmark, Nice etc.)
- Technologie a permis développement dans bateaux et moyens d'échantillonnage.
- 1950, SCUBA par Jacques Cousteau.
- 1960, Développement de sous-marins de profondeur.
- 1970-1990, Robots sous-marins (découverte du Titanic).
- Aujourd'hui, Biologie Marine dans divers laboratoires, universités, etc.

2. LA VIE DANS LES OCEANS



Algues microscopiques = Phytoplacton

- Il s'agit d'algues unicellulaires isolées ou réunies en chaîne de façon très lâche.
- Trois groupes d'algues jouent un rôle quantitativement essentiel :
 - Diatomées ou Bacillariophycées
 - Dinophycées ou Péridiniens
 - Coccolithophoridés
 - Cyanophycées ou Mixophycées

Algues macroscopiques et pluricellulaires

- chez les algues :
 - pas d'organes spécialisés,
 - pas de tissu de transport,
 - pas de racines ni feuilles,
- Trois types :
 - 1. Algues vertes ou Chlorophytes
 - 2. Algues brunes ou Phaeophytes
 - 3. Algues rouges ou Rhodophytes

Phanérogames marines (Plantes à fleurs)

- chez les phanérogames marines,
 - organes spécialisées,
 - tissu de transport,
 - racines, feuilles et fleurs

Exemple : *Zostera marina*, *Posidonia oceanica*, *Zostera noltii*, etc.

Faune Marine

| Table 15.1 Major Animal Phyla with Marine Examples | |
|--|---|
| Phylum | Marine Examples |
| Invertebrates | |
| Porifera | Sponges |
| Cnidaria | Coral, jellyfish, sea anemones, siphonophores |
| Platyhelminthes | Flatworms, flukes, tapeworms |
| Nematoda | Roundworms |
| Annelida | Segmented worms |
| Mollusca | Chitons, snails, bivalves, squid, octopuses |
| Arthropoda | Crabs, shrimp, barnacles, copepods, krill |
| Echinodermata | Sea stars, sea urchins, sea cucumbers |
| Chordata ^a | Tunicates, salps, <i>Amphioxus</i> |
| Vertebrates | |
| Chordata | Fishes, reptiles, birds, mammals |

^aPhylum Chordata includes both vertebrate and invertebrate classes.

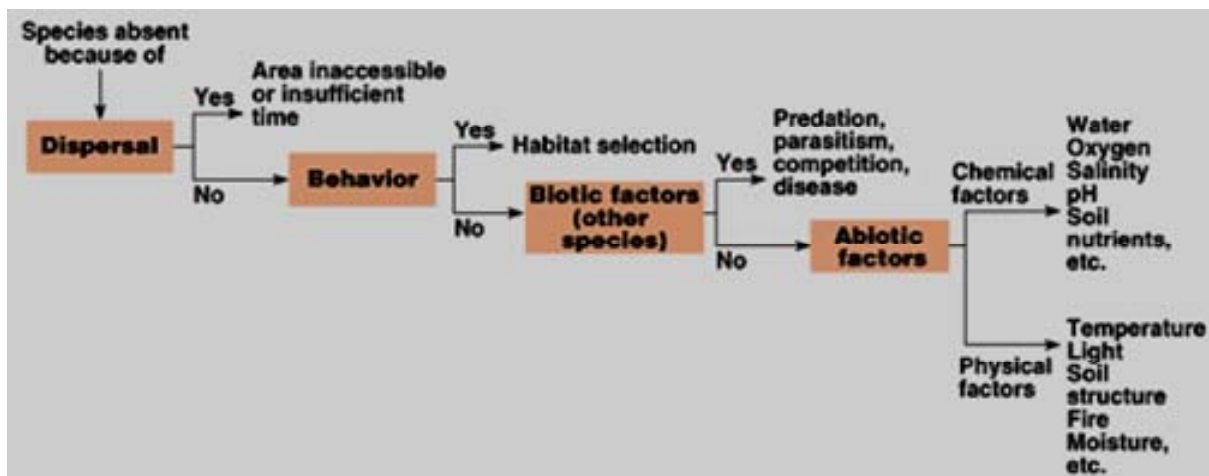
3. INTRODUCTION A L'ÉCOLOGIE MARINE

Concepts de base en écologie :

- C'est quoi l'écologie ?
= science qui étudie les relations entre les organismes et leur environnement.
- Environnement = abiotique + biotique.
- Ecologie = interaction organisme – environnement.
- Espèce = groupes de populations naturelles capables potentiellement d'intercroisement mais qui sont isolées d'autres groupes semblables' (Mayr, 1963)
- Population = 'groupe d'individus appartenant à la même espèce et occupant une place bien déterminée'.
- Biocénose = 'groupement d'êtres vivants correspondant pour sa composition par le nombre des espèces et des individus à certaines conditions moyennes du milieu ; groupement d'être vivants qui sont liés par une dépendance

réciproque et se maintiennent en se reproduisant dans un certain espace de façon permanente' (Möbius).

- Peuplement est l'ensemble des individus vivant dans un territoire déterminé et ayant certaines affinités entre eux.
- Biotope = 'aire géographique soumise à des conditions dont les dominantes sont homogènes' (Pérès).
- Habitat d'un organisme = lieu où vit cet individu, et peut se référer à la place occupée par toute la communauté.
- Niche introduit la fonction d'une espèce ou d'une population dans la biocénose dont elle fait partie.
- Ecosystème = Biocénose + biotope.



Facteurs influençant la distribution globale des espèces

Facteurs écologiques en milieu marin

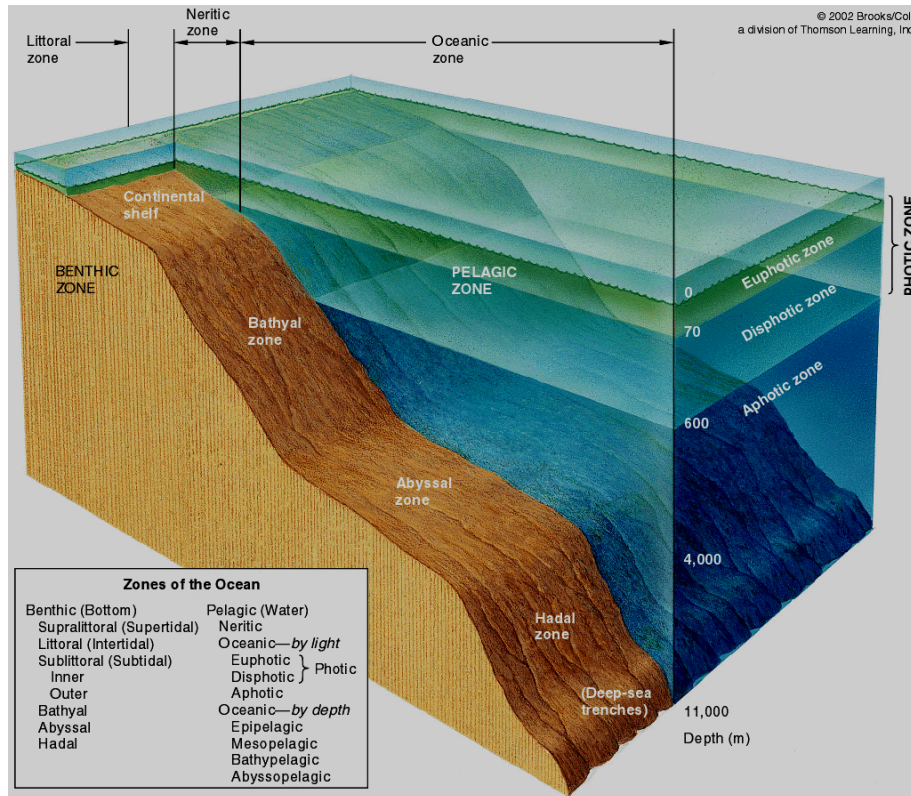
- Facteurs abiotiques
 - Facteurs hydrologiques
 - Température : qui joue un rôle essentiel et permet de définir les zones biogéographiques.
 - Salinité : qui joue un rôle primordial dans les différents milieux saumâtres.
 - Eclairage : sur la base duquel on distingue le système phytal et le système aphytal.
 - Durée relative d'humectation, dont l'action déterminante est limitée à la zone intertidale.
 - Facteurs édaphiques
 - Distance au support çàd au fond et à la côte.
 - Nature du support.
 - Hydrodynamisme
 - Facteurs biotiques.
 - Facteur humain.

Classification des environnements

Le monde océanique peut se diviser en différents environnements :

- Domaine pélagique = eaux océaniques

- Province Nérétique = eaux au-delà du plateau continental.
- Province Océanique = eaux au-delà du plateau continental.
- Zone épipélagique : < 200 m, zone mésopélagique : 200 m - 1000 m, zone bathypélagique : 1000 m - 4000 m, zone abyssopélagique : > 4000 m.



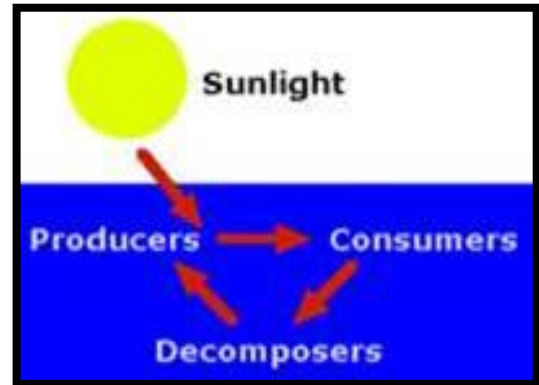
- Domaine benthique = fonds océaniques
 - Plateau continental.
 - Etage bathyal.
 - Etage abyssal.
 - Etage hadal.
- Zonation côtière (littorale) :
 - Etage supralittoral.
 - Etage médiolittoral.
 - Etage infralittoral (subtidal).

Classification des organismes

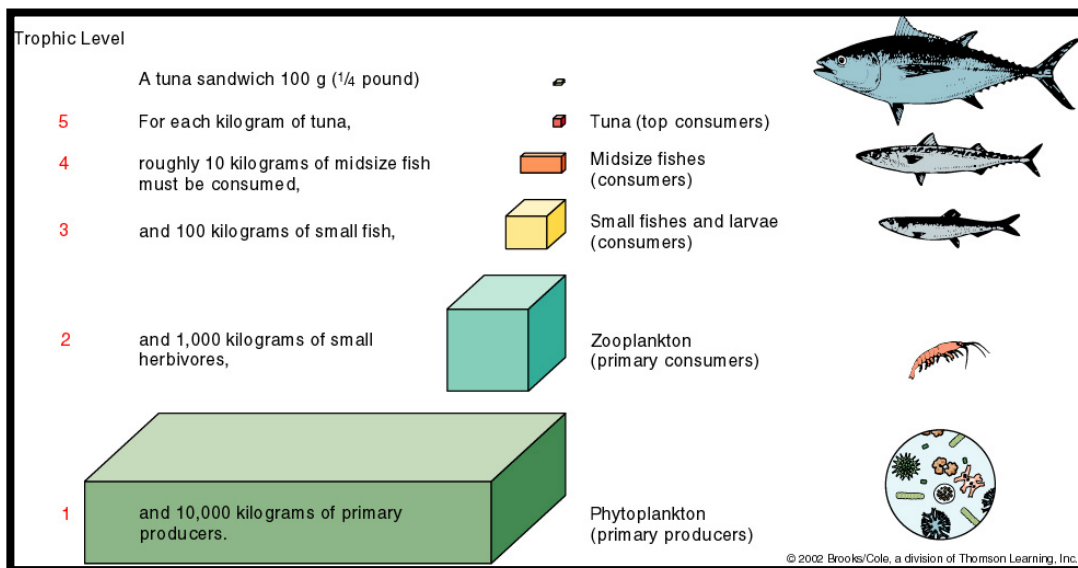
- Les organismes marins peuvent être classés en relation avec les environnements qu'ils occupent : espèces néritiques, espèces océaniques.
- Organismes pélagiques :
 - Plancton : Phyto- et zoo-plancton.
 - Necton : Poissons, reptiles, mammifères marins.
- Organismes benthiques :
 - Phyto- et zoobenthos.
 - Démersaux, Epifaune (vegile ou sessile), Endofaune.

Relations trophiques, chaînes et réseaux trophiques

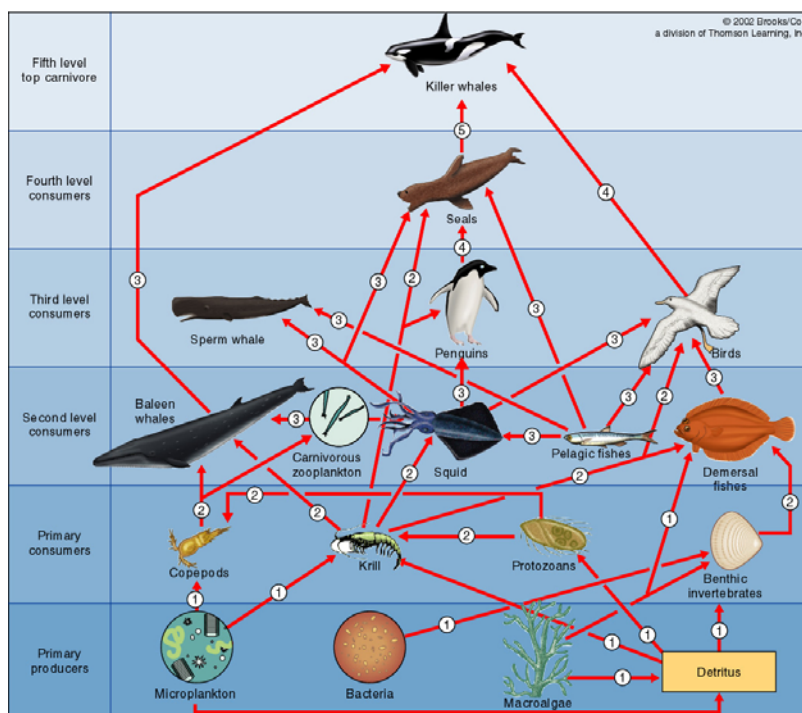
- Autotrophes : Producteurs primaires (Phytoplancton et phytobenthos).
- Hétérotrophes = consommateurs de rang i.
- Décomposeurs.



Pyramide trophique



Réseau trophique



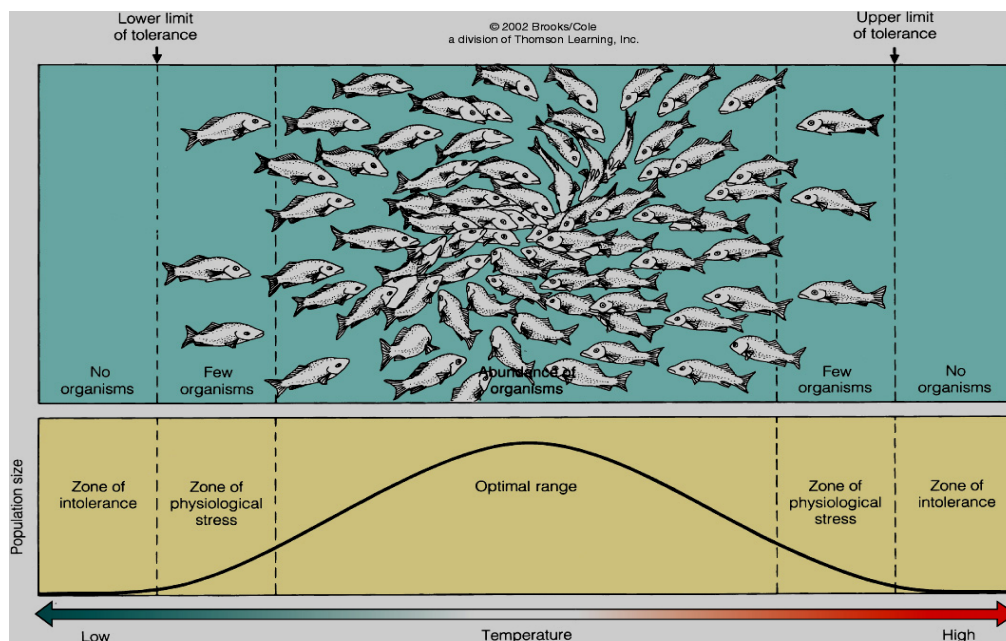
4. COMMUNAUTES MARINES

Organismes dans communauté

- un organisme dans une communauté peut se caractériser par :
 - Habitat : place physique qu'occupe l'organisme au sein de sa communauté.
 - Niche : rôle de l'organisme au sein de la communauté.
 - Exemple : un crabe dans une communauté intertidale rocheuse : Habitat = au dessous des roches ; Niche = Nécrophage (se nourrit d'animaux morts).

Facteurs physiques : notion de facteur limitant

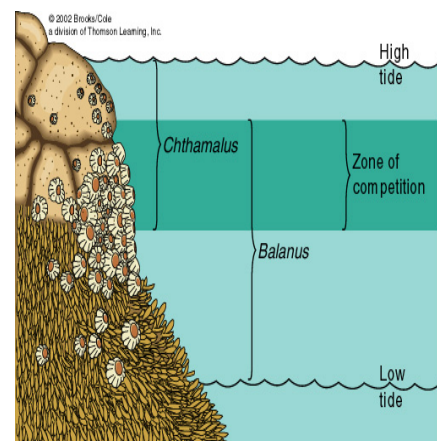
- L'existence d'un organisme dans une communauté implique un équilibre entre des facteurs physiques.
- Vis-à-vis d'un facteur physique, un organisme peut être sténo- (faible tolérance) ou eury- (large tolérance).



- ⇒ Existence d'une tranche optimale vis-à-vis d'un facteur physique.
- ⇒ Espèces à large tolérance et d'autres à faible tolérance.

Facteurs biologiques : exemple la compétition

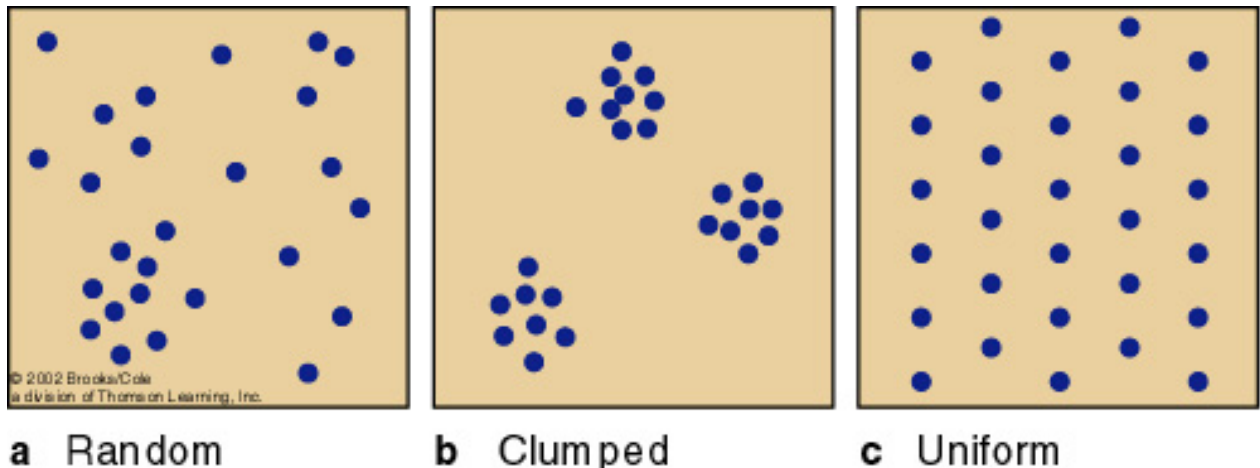
- Dans une communauté, il y a compétition pour les ressources tels que lumière, nourriture et espace.
- Exemple : deux espèces de cirripèdes sont compétitives pour l'espace. *Balanus* (grande taille) et *Chthamalus* (petite taille)



Croissance et environnement

- Si ressources non limitées, courbe de forme J.
- Comme ressources limitées dans un environnement, résistance environnementale à la croissance de la population.
- Plus taille population grande, plus résistance grande (courbe de forme S).
- Equilibre atteint quand taille population varie autour d'une valeur déterminée (=carrying capacity Carrying capacity = taille de population que peut supporter une communauté dans des conditions environnementales stables).

Distribution organismes dans une communauté



Distribution uniforme, en agrégats, aléatoire.

Evolution des communautés

- Les communautés marines changent avec le temps.
- Une communauté 'climax' est une communauté stable.
- Une communauté 'climax', si légèrement perturbée, peut être restaurée à travers d'un processus de succession.

Communautés marines









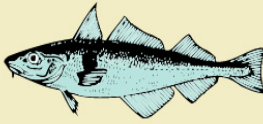

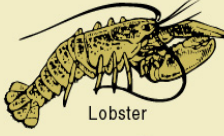
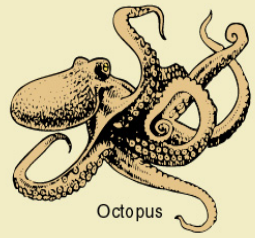
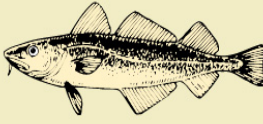
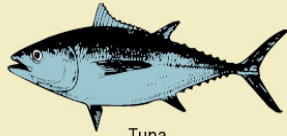
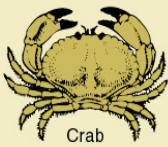

- Intertidal
- Estuaires et lagunes
- Récif corallien
- Océan ouvert
- Mer profonde

5. RESSOURCES MARINES

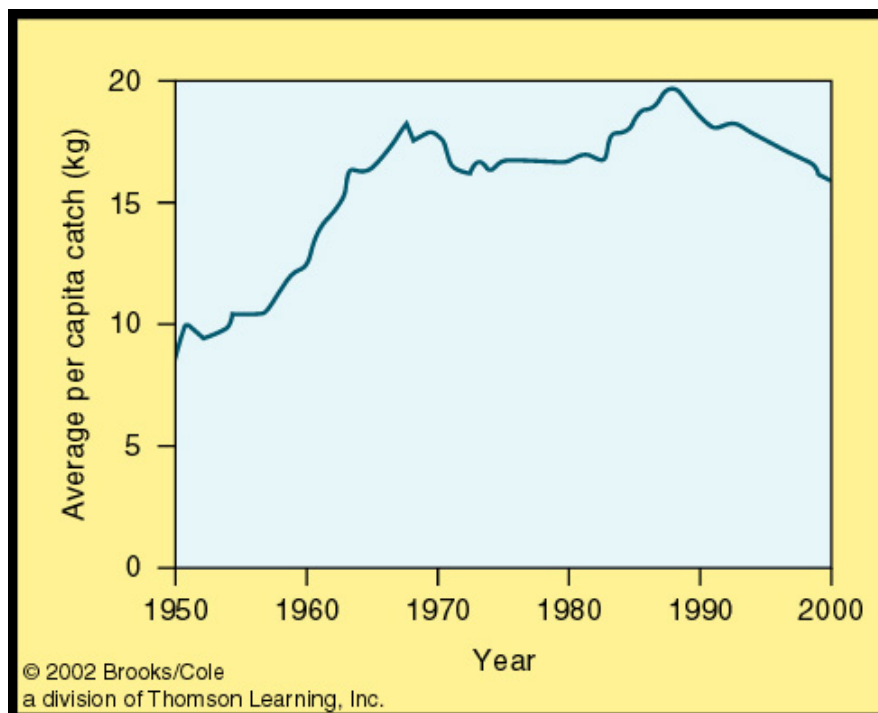
- Ressources marines peuvent être classées en 4 groupes :
 - ressources physiques : minéraux, pétrole, gaz, eau douce.
 - ressources d'énergie : ressources électriques à partir de vagues, courants, etc.
 - ressources biologiques : alimentation à partir d'animaux et végétaux marins.
 - ressources non-extractives : utilisation des océans pour transport et réaction.
- Ressources marines sont renouvelables ou non renouvelables.

Ressources biologiques

- Ressources biologiques = tout ce que l'on extrait de la mer à des fins d'alimentation essentiellement.
- Ressources biologiques = sources de protéines essentielle pour les populations humaines (Crustacés, Poissons, etc.).
- La pêche commerciale possède une valeur socio-économique indéniable.

| Fishes | | Crustaceans | Mollusks |
|--|---|---|--|
| Bottom Dwellers | Pelagic Forms | | |
|  Hake |  Sardine |  Krill |  Oyster |
| |  Anchovy | |  Clam |
| |  Herring |  Shrimp | |
|  Haddock |  Mackerel |  Lobster |  Octopus |
|  Cod |  Tuna |  Crab |  Squid |

© 2002 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc.



Nécessité d'une gestion rationnelle des ressources marines

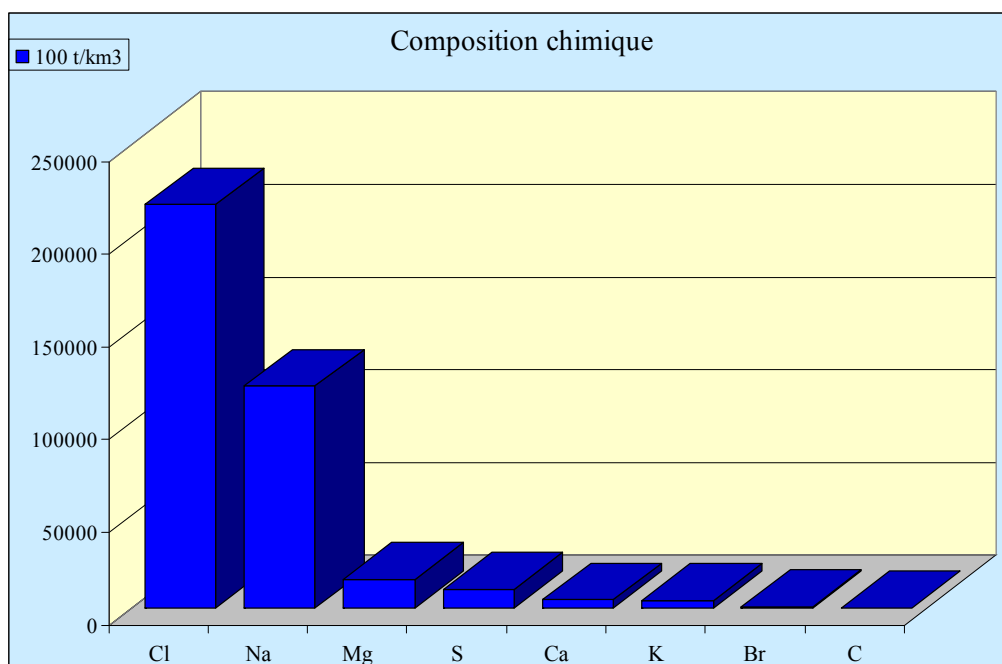
- Importance des ressources marines + déclin des stocks ⇒ Aquaculture
- Aquaculture = culture ou élevage des plantes ou animaux dans des environnements aquatiques sous des conditions contrôlées
- Mariculture = aquaculture en milieu marin (baies, estuaires, lagunes, etc.).

CHAPITRE II : L'ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE

1. GENERALITES SUR LES OCEANS

- Océans : 71 % de la surface terrestre, 97.3 % des ressources en eau de la terre, 2.7% glaces (pôles, glaciers), 0.00004 % biosphère (aquatique, atmosphère,...).
- Les masses terrestres sont en grande partie concentrées dans l'hémisphère nord Hémisphère nord : 61% de mer ; Hémisphère sud : 81 % de mer.
- Océan Pacifique :
 - Surface : 166 millions de km² (1^{er}).
 - 46% de la surface totale des océans.
 - 1/3 surface de la terre.
 - Profondeur 4 280 m (moyenne), maximum : 10 924 m 11022 m (fosse des Mariannes) ; 11 500 m (fosse de Guam).
 - Le plus ancien, océan actif, l'activité géologique s'exerce essentiellement sur le pourtour.
 - «la ceinture de feu» du Pacifique regroupe plus de 80 pour cent des volcans actifs.
 - Principales mers bordières : mer du Japon, mer de Chine orientale, mer de Chine méridionale, mer de Corail, mer de Tasman, la mer d'Okhotsk et la mer de Béring.
 - Vingt cinq mille îles - une douzaine de fosses.
 - Grandes plaines abyssales et une dorsale (Est-Pacifique).
- Océan Atlantique :
 - Surface : 82 millions de km² (2^{ème}) ; 24% surface totale des océans du globe.
 - Profondeur : 3 600 m (moyenne), maximum = 8 605 m (fosse de Porto Rico).
 - Formation : Ouverture de la dorsale médio-atlantique / tectoniques des plaques; son activité géologique est principalement centrée le long de la dorsale médio-atlantique.
 - La plupart de ses régions côtières sont, d'un point de vue géologique, basses et calmes.
 - Les principales mers bordières de l'Atlantique sont la Méditerranée, la Manche, la mer du Nord, la mer Baltique, la baie d'Hudson, le golfe du Mexique et la mer des Caraïbes.
- Océan Indien :
 - Surface : 73 millions de km² (3^{ème}) ; 20% de la surface totale des océans.
 - Profondeur 3 890 m (moyenne), maximum = 7125 m (fosse de Java)
 - Principales mers bordières : mer Rouge, mer Oman et golfe du Bengale
 - Deux vastes îles continentales : Madagascar et Sri Lanka + multiples petits archipels.
 - Dorsale Centre-Indienne, plusieurs importants bassins abyssaux., et une large fosse.
- Océan Arctique :
 - Surface : 12 millions km² (le plus petit).
 - Arctique ==> «mer» de l'Atlantique.
 - Circulation : très étroitement lié à l'Atlantique.

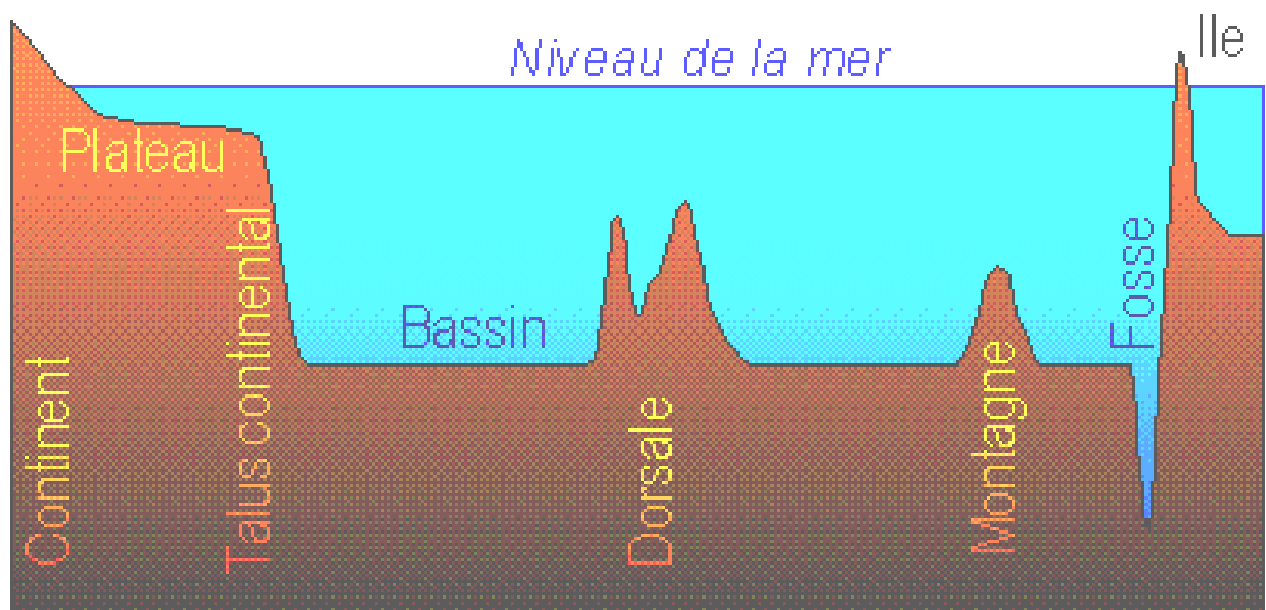
- > 80% entrent et sortent par le profond canal entre le Groenland et la Norvège.
- < 20% s'écoulent dans l'océan Pacifique par le détroit de Béring (Alaska : Sibérie).
- La plus grande partie de l'océan Arctique est une plate-forme continentale (Sibérie et îles continentales du Canada).
- Le fond de l'océan Arctique, très profond, est dominé par plusieurs dorsales et deux grands bassins abyssaux.
- Océan Austral :
 - Surface : (15?)25% de la surface des océans.
 - Température moyenne à la surface de l'eau est seulement de 2°C.
 - Océan Austral = Océan glacial Antarctique.
 - Zones méridionales extrêmes des océans Atlantique, Indien et Pacifique.
 - Au sud, l'océan Austral borde la côte de l'Antarctique.
 - Au nord, il n'a pas de limites terrestres et se termine à environ 55° de latitude sud.
 - Eaux extrêmement riches / Océan distinct (point de rencontre trois principaux océans).
 - L'Antarctique est constitué d'un continent recouvert de glace.
- Spécificité du milieu marin :
 - Extension en trois dimensions (Benthique / pélagique).
 - Homogénéité du milieu (Facteurs physico-chimiques).
=>Forte inertie du milieu marin.
- Eau de mer :
 - Solution saline où dominant le chlore et le sodium, $7 < \text{pH} < 8$.
 - 96,5% eau pure et 3,5% sels, gaz dissous, substances organiques, particules solides.
 - Composition en sels dissous homogène dans tous les océans.
 - Similitudes importantes eau de mer / liquides extracellulaires.
=> Origine marine à la vie



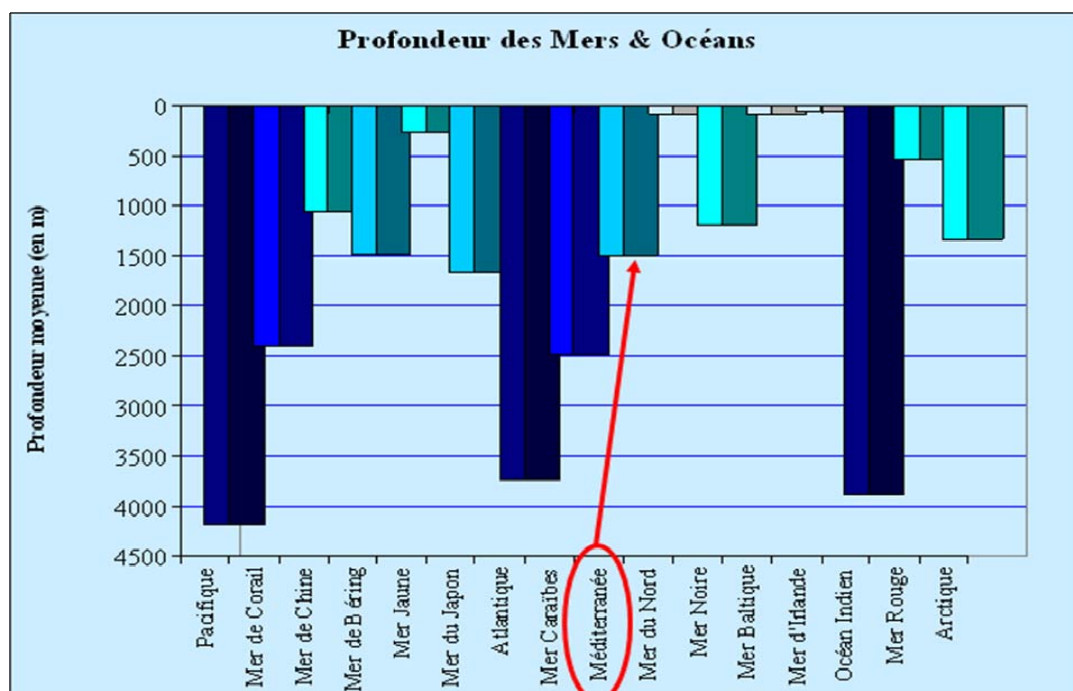
2. Paramètres physico-chimiques

A. Bathymétrie

- Répartition bathymétrique : Ligne de rivage, Plateau continental (-150 à -200 m) / pente douce, Talus continental (-200 à -3000 m) / pente plus accentuée et Plaine abyssale (-3000 à - 6500 m).
- Chaînes de montagnes sous-marines (surface / îles), Dorsales océaniques, Fosses ou ravins (-11500 m / Fosse de Guam).
- Les fonds sous-marins < 4000 m, 77% de la surface océanique, Moyenne = - 3800 m, Les hauts sommets > 4000 m, 1.1 % de la surface terrestre, Moyenne = +840 m.

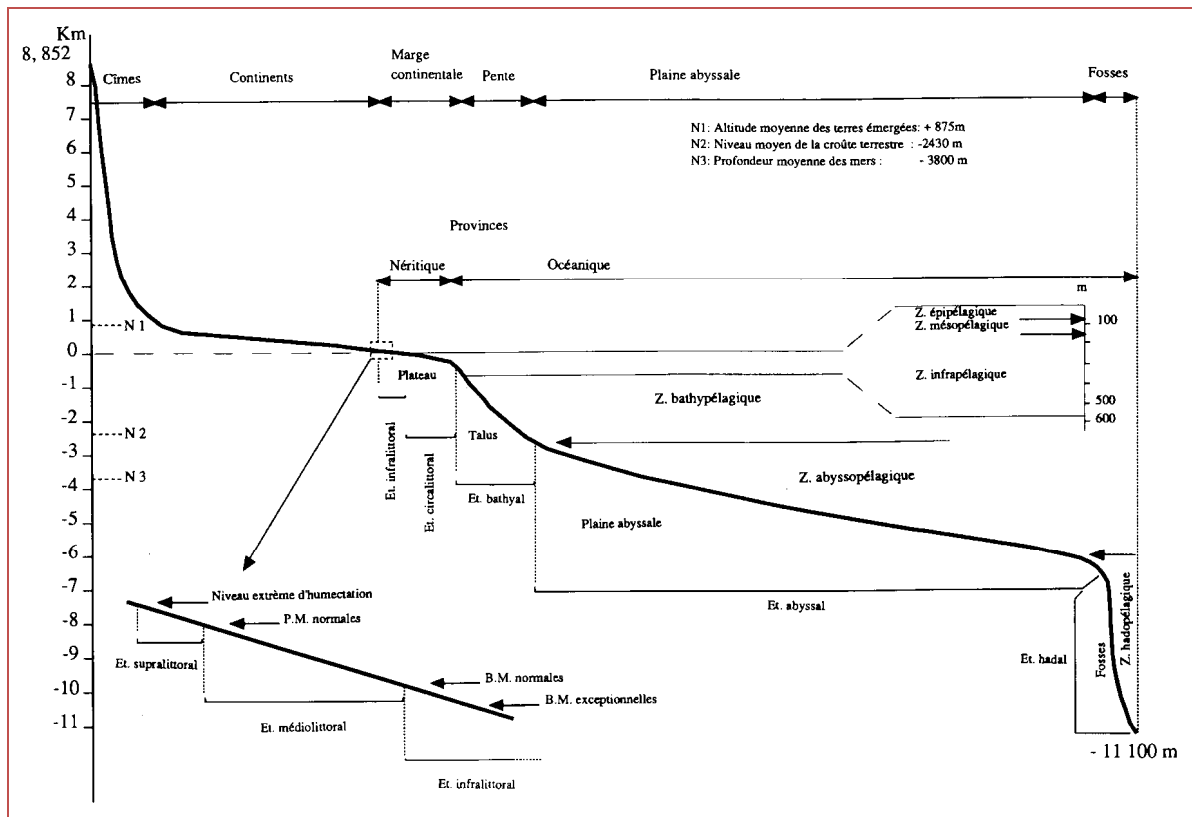


Structure des bassins océaniques

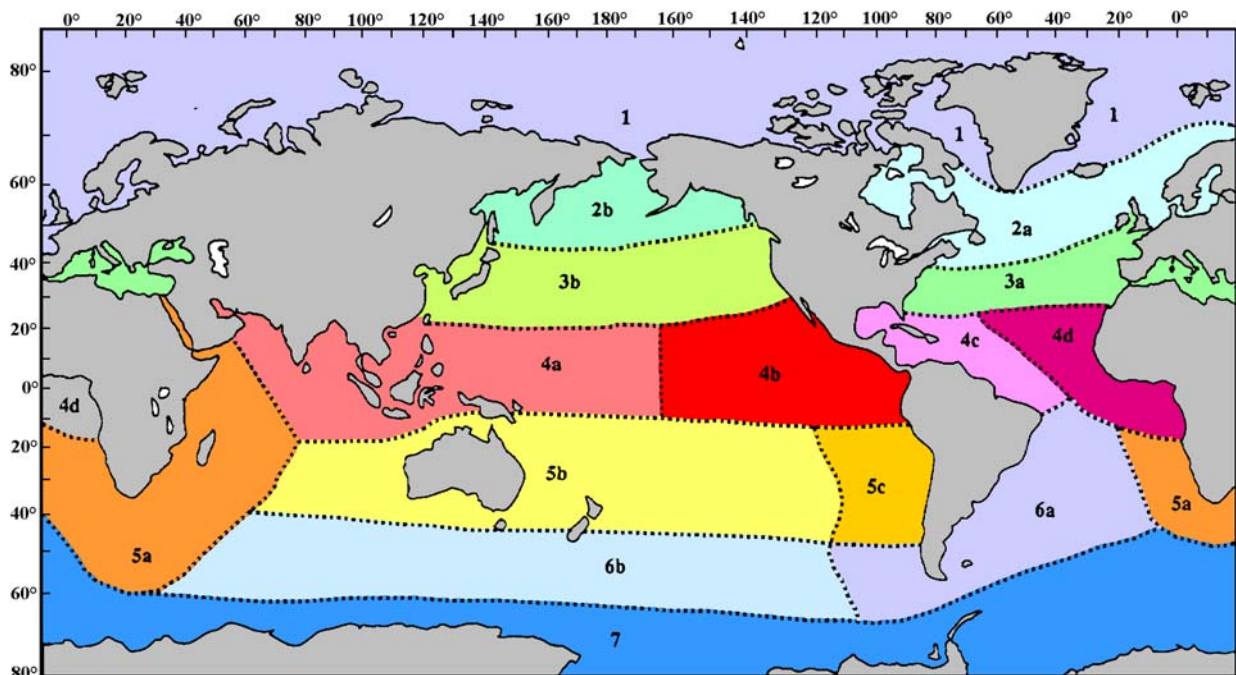


Variations bathymétriques

- Structure des bassins océaniques : Le domaine marin est découpé verticalement en un certain nombre de niveaux ou zones empilées les unes sur les autres ou étages successifs.

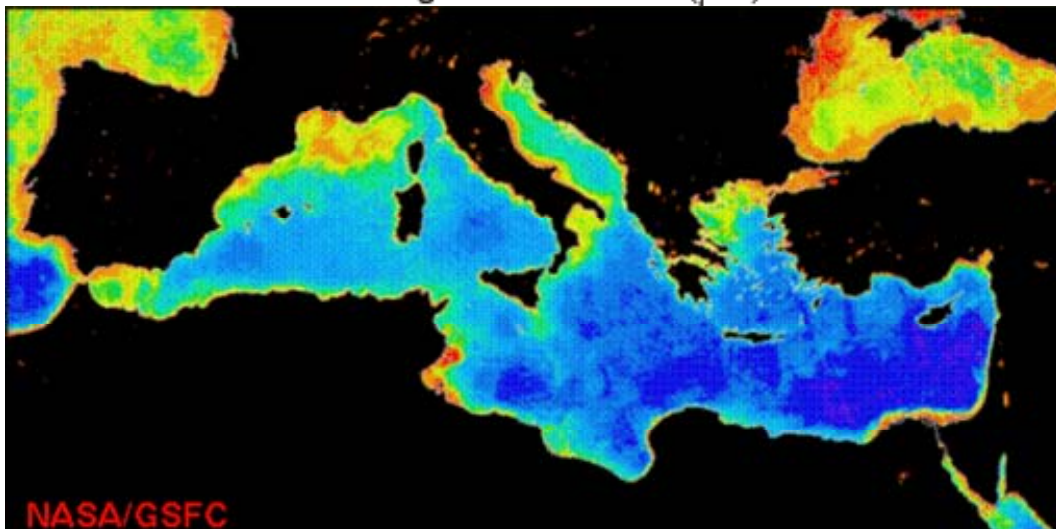
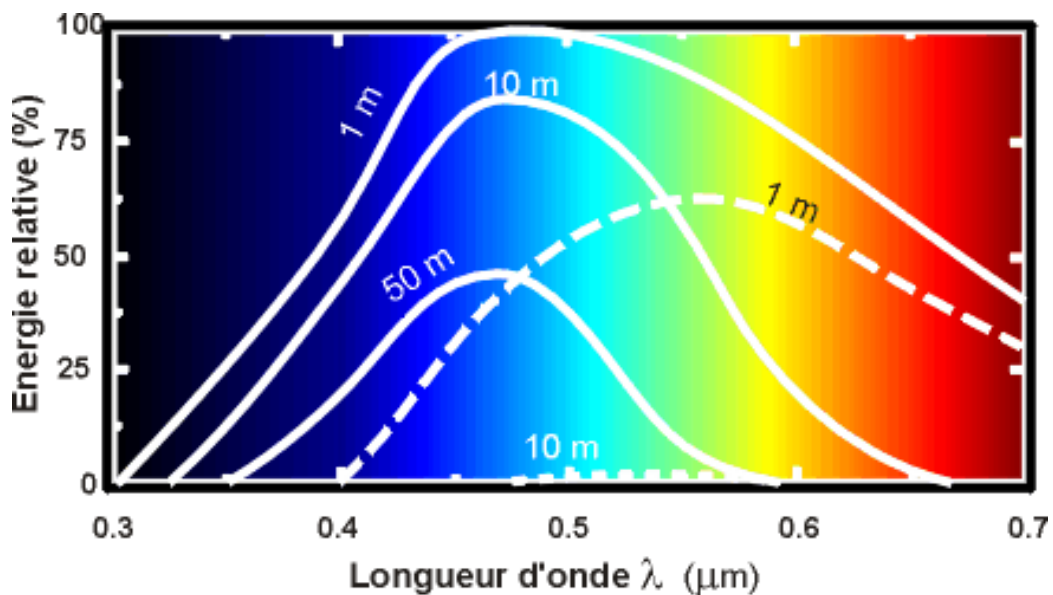


Régions biogéographiques marines : 1 : Ensemble arctique ; 2 : Ensemble boréa ; 3 : Ensemble tempéré Nord ; 4 : Ensemble tropical ; 5 : Ensemble tempéré Sud ; 6 : Ensemble antitoréal ; 7 : Ensemble antarctique.



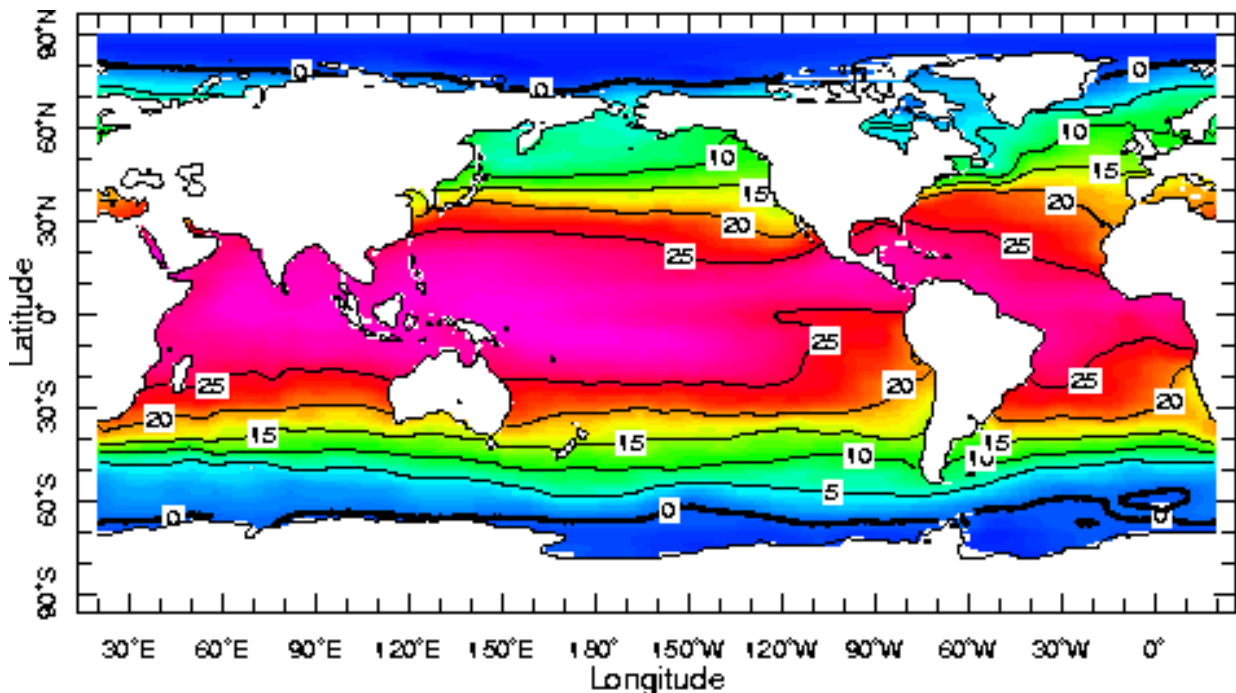
B. Eclairage (Le rayonnement solaire)

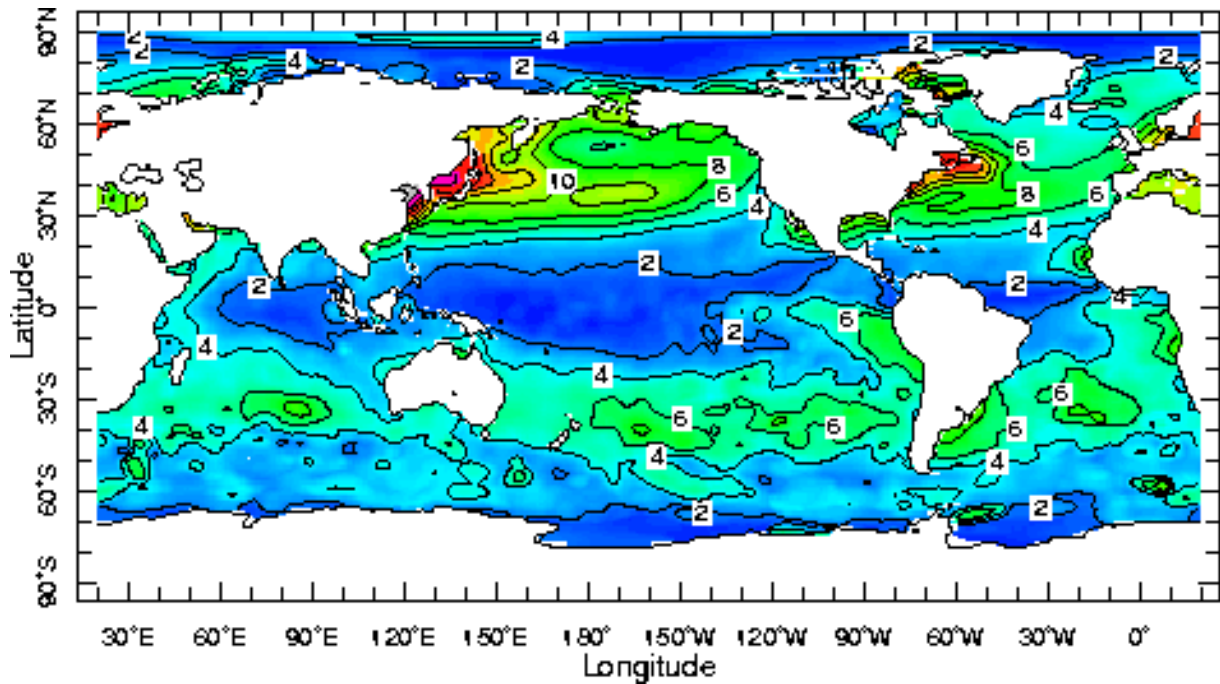
- La lumière en provenance du soleil est atténuée par l'atmosphère et par la couche d'eau.
- Peu de lumière atteint les 100 m.
- Au delà de 1000 mètres c'est la nuit noire.
- Eclairage est nul pour 90 % du volume des océans.
- Couleur de la mer :
 - La couleur de la mer s'étend du bleu au vert :
 - Bleu indigo dans les mers tropicales/quatoriales (peu de production).
 - Bleu-vert dans les latitudes tempérées.
 - Verte dans les régions polaires.
 - Les eaux côtières sont en général verdâtres.
 - Productivité biologique importante : la chlorophylle du phytoplancton absorbe la composante bleue et la lumière se décale vers le vert.
 - La mesure de la lumière émise par l'océan donne des informations quantitatives sur la teneur en éléments organiques des couches de surface (photosynthèse / production biologique).



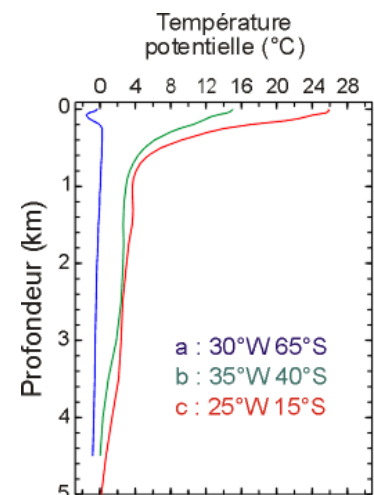
C. Température

- Paramètres majeur (Répartition des êtres vivants et Climats); l'océan constitue un réservoir de chaleur.
- Température moyenne en surface = 17.5°C (3°C > température des continents); Températures extrêmes = -1.9°C (congélation) / 30°C; Température en profondeur = 0-2.5°C (Océans) / 13-13.5°C (Méditerranée).
- Facteurs responsables des variations thermiques: La chaleur solaire qui détermine la température des eaux océaniques; elle varie considérablement en fonction :
 - de la présence de nuages;
 - des variations de la hauteur du soleil (journée / année);
 - de l'inclinaison des rayons (latitude);
 - de la durée d'éclairement.
- La nuit : perte de chaleur (↗ atmosphère), jour : accumulation de chaleur.
- La température : chaleur reçue (jour) -chaleur perdue (nuit).
- Les températures les plus élevées = équateur; les plus basses = pôles mais influence des courants marins.
- Distribution des températures :
 - La répartition des températures en surface est zonale (/latitude).
 - Le long de certaines côtes on peut observer localement des températures très faibles (remontée d'eau froide = upwelling).
 - La Température décroît régulièrement de 28°C à presque -2°C.
 - Variations annuelles de température : 0°C à 8°C (/ latitude).
 - Près des côtes, les variations peuvent atteindre 15°C.
 - Origine : variations saisonnières du rayonnement solaire.
 - Les températures élevées sont confinées dans la partie supérieure de l'océan.
 - Au delà de 1000 m de profondeur la température est homogène.
 - Les fortes variations (verticales et horizontales) de la température sont observées dans la couche supérieure de l'océan.





- Les trois couches thermiques de l'océan :
 - La couche de surface (50 à 200 m d'épaisseur) où les températures sont à peu près celle de la surface.
 - La couche thermocline (200 à 1000 m d'épaisseur), dans laquelle la température décroît rapidement avec la profondeur.
 - La zone profonde, qui s'étend jusqu'au fond, caractérisée par des températures faibles et homogènes.



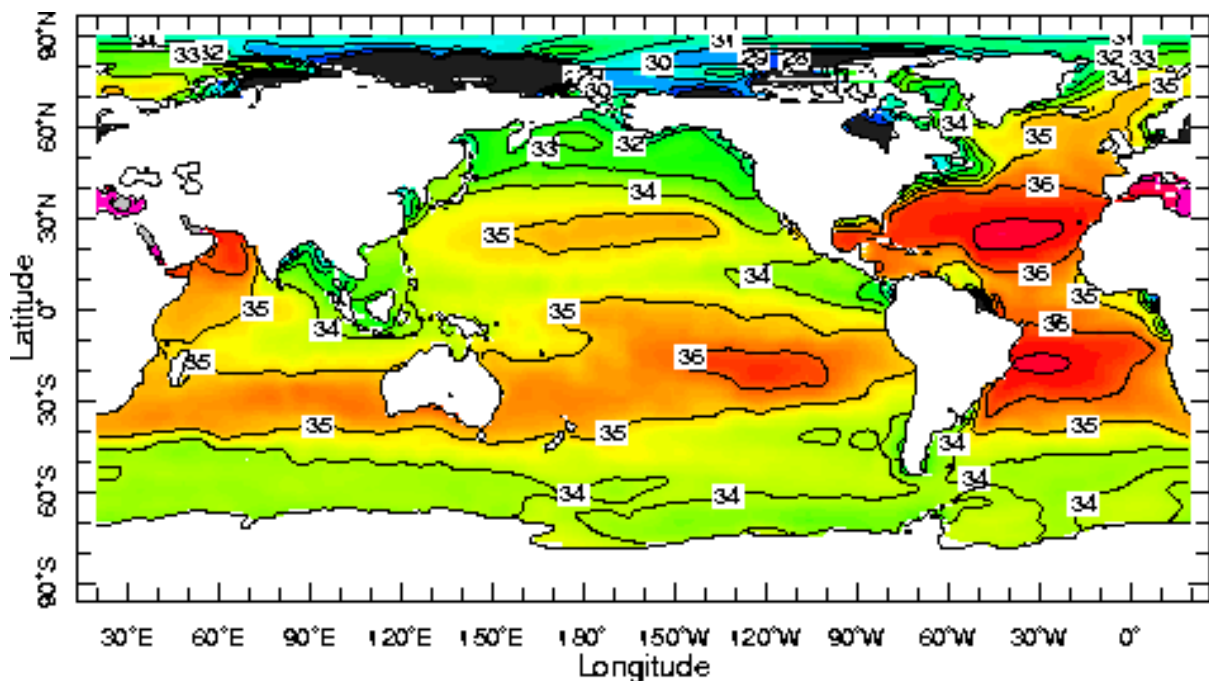
- Impact des variations thermiques : Les océans alimentent ainsi l'atmosphère en vapeur d'eau, contribuent à échauffer l'air et déclenchent ou accroissent l'instabilité l'atmosphère.

D. Salinité

- Définition de la salinité :
 - Définition théorique : La salinité 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.
 - Difficile d'estimer la salinité par analyse chimique directe (séchage et pesée du résidu solide). Dans l'eau de mer, les proportions relatives des principaux constituants sont pratiquement constantes. Le dosage de l'un d'entre eux (ex Chlore) est donc susceptible de donner la teneur de tous les autres, ainsi que la salinité.
 - La relation entre la salinité et la chlorinité a été définie en 1902

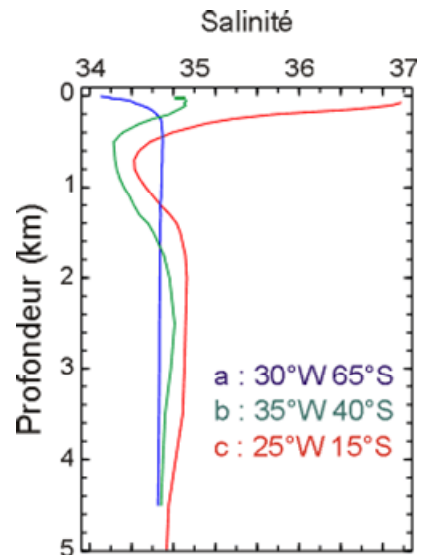
$$S = 0,03 + 1,805 Cl$$
 S salinité, Cl chlorinité.

- L'UNESCO a donc proposé en 1969 une nouvelle formule définissant la salinité absolue : $S = 1,80655 Cl$.
- Depuis 1978 l'échelle pratique de salinité définit la salinité en termes de rapport de conductivité.
- Variations de la salinité :
 - Océan : 35 g/kg d'eau de mer (moyenne) = 48 millions de milliards de tonnes.
 - La salinité s'exprime en grammes par litre (g/l) ou ‰.
 - En surface, sa répartition est partiellement zonale (latitude) :
 - maximale (36 à 37‰) dans les tropiques (précipitations ↘, évaporation ↗).
 - minimale (31 à 33‰) aux hautes latitudes (apports d'eau douce continentale - fleuves et fonte des glaciers-).
 - Elle varie en fonction du bassin : 40‰ dans la mer Rouge, 37‰ dans la partie orientale de la Méditerranée, 35‰ en Atlantique, 34‰ en mer du Nord, 18‰ dans la mer Noire, 10‰ dans la Baltique.
 - elle s'abaisse à 10 g au-delà de 2 000 m, dans tous les océans, la salinité moyenne est de 34,7 g.
 - Facteurs de variation :
 - Évaporation.
 - Précipitations atmosphériques.
 - Quantité d'eau douce déversée par les cours d'eau.
 - Dans la mer Rouge : aucun fleuve, salinité = 40-41 ‰.
 - Dans la mer Noire : nombreux fleuves, salinité = 17-18 ‰.

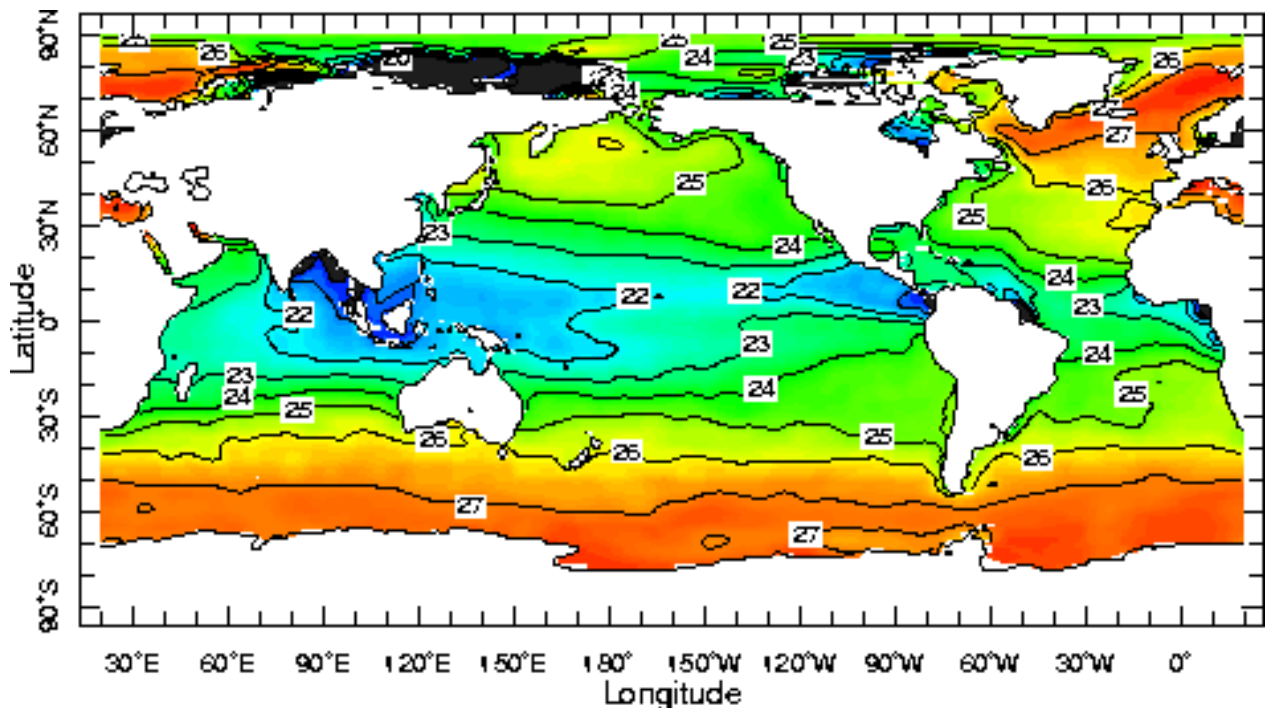


- Si la concentration totale des sels dissous varie en fonction du lieu, la proportion des composants les plus importants reste à peu près constante. Cela tend à prouver malgré les circulations particulières à chaque océan, l'eau circule entre les différents océans.

- Dans les régions équatoriales, tropicales et subtropicales, on observe un minimum de salinité à une profondeur comprise entre 600 et 1000 m, aux grandes latitudes, la salinité est faible en surface et croît avec la profondeur.



- Densité de l'eau :
 - Densité de l'eau : /température /salinité /pression.
 - Densité \nearrow si la température \searrow (accumulation au fond des mers).
 - Densité \nearrow si la salinité \nearrow .
 - Eaux froides et/ou salées glissent sous les eaux chaudes et/ou peu salées.
 - Origine des mouvements des eaux marines (courants).
 - Stratification verticale des eaux marines :
 - 0 à 300 m : eaux superficielles, influence des climats (eaux équatoriales, tropicales, subtropicales, subpolaires et polaires, séparées par des fronts hydrologiques) ;
 - 300 et 1 200 m : eaux intermédiaires, caractères mixtes et variables (mélange eaux de surface et les eaux profondes) ;
 - 1200 à 4 000 m : eaux profondes, résultent de la plongée d'eau superficielle, dans les régions de forte agitation de l'océan ;
 - Au delà de 4000 m : eaux de fond, aux températures voisines de 0°C, correspondent aux eaux très froides des mers de basses et de hautes latitudes. Elles tombent en cascade vers les abysses.



E. Facteurs édaphiques

- Distance par rapport au fond et/ou à la côte :
 - Pelagos et Benthos.
 - Provinces néritiques et provinces océaniques.
- Le benthos est constitué par les êtres vivants en liaison intime avec le fond, soit fixés sur un support, soit enfouis dans le sédiment, soit seulement vivant à son contact ou à proximité. Ces organismes sont dits benthiques ou démersaux (domaine benthodémersal).
- Le pelagos est constitué par les êtres vivants en pleine eau, libres de tout contact avec le fond et ne dépendant pas (ou pas significativement) du benthos pour leur nourriture. Ces organismes sont dits pélagiques.
- Nature des Substrats :
 - Les substrats durs, constitués de roches en place, immobiles, auxquels s'ajoutent les substrats fixes artificiels liés aux activités humaines et les coques de navires. Leurs peuplements sont généralement indépendants de la nature chimique du support, mais très sensibles à sa dureté et à son grain (rugosité).
 - Les substrats meubles sont ceux dont les éléments constitutifs sont mobiles les uns par rapport aux autres, des galets (25 cm) aux vases colloïdales de 1 μ .; cette mobilité peu dépendre de l'agitation de l'eau (houle, courant).
 - Par ailleurs un fond meuble peut, sous l'action de certains organismes sécrétant de calcaires (organismes encroûtants), évoluer en substrat dur, par agrégation des éléments mobiles.
 - A l'inverse, des organismes perforants peuvent pulvériser un substrat dur et en faire du gravier.
 - On distingue trois catégories de sédiments :
 - Les terrigènes : issus des masses continentales, apportés par la mer, les fleuves, les vents, les éruptions volcaniques ou les actions érosives de la mer sur le rivage.
 - Les organogènes : qui sont des débris calcaires, siliceux ou des squelettes d'organismes vivants (ces organismes sont benthiques pour les sédiments du plateau continental et planctonique pour les sédiments des fonds de la province océanique).
 - Les hydrogènes : issus de l'altération ou la précipitation des roches en place au sein du milieu marin.
 - On remarque très schématiquement que les dimensions des éléments constitutifs d'un sédiment meuble décroissent lorsque l'on s'éloigne du rivage vers le large : les galets, les graviers, le sable et les vases.
 - Autour des estuaires on aura toujours un fort envasement du aux quantités importantes d'argile charriées par les fleuves.

F. Hydrodynamisme

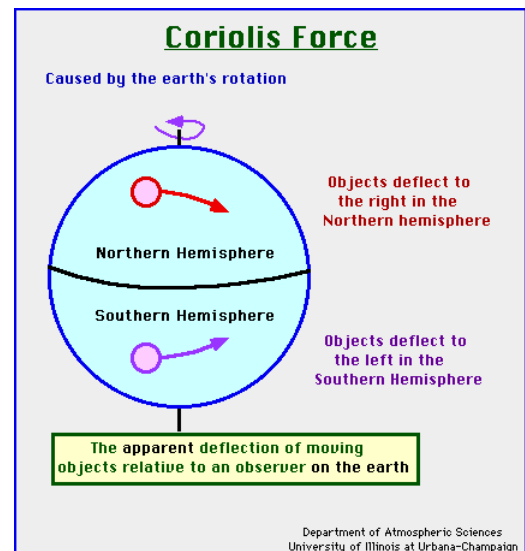
1. Courants

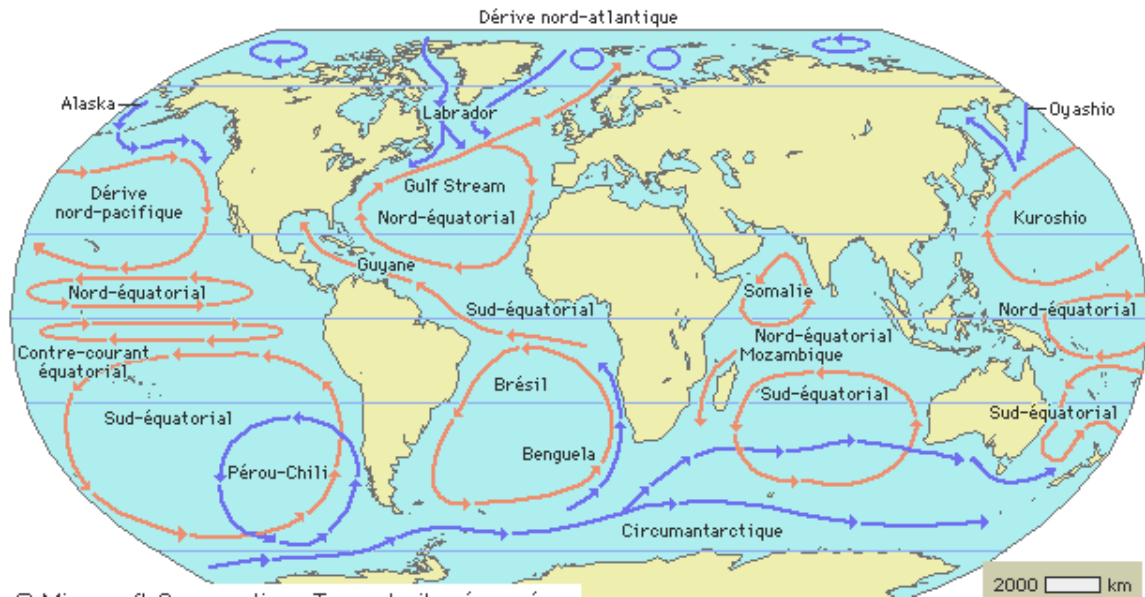
- Courants marins de surface :
 - vitesse > 12 milles marins/jour* : véritables courants.
 - vitesse < 12 milles marin/jour : dérives.

- Courants marins des profondeurs.
- Origines/
 - variations de température et de salinité (masses d'eau)
 - force des vents (jusqu'à -200 à -300 m)
- Différences de niveau / rotation de la Terre (force de Coriolis)

* = 1 mille = 1852 m; 22,2 km

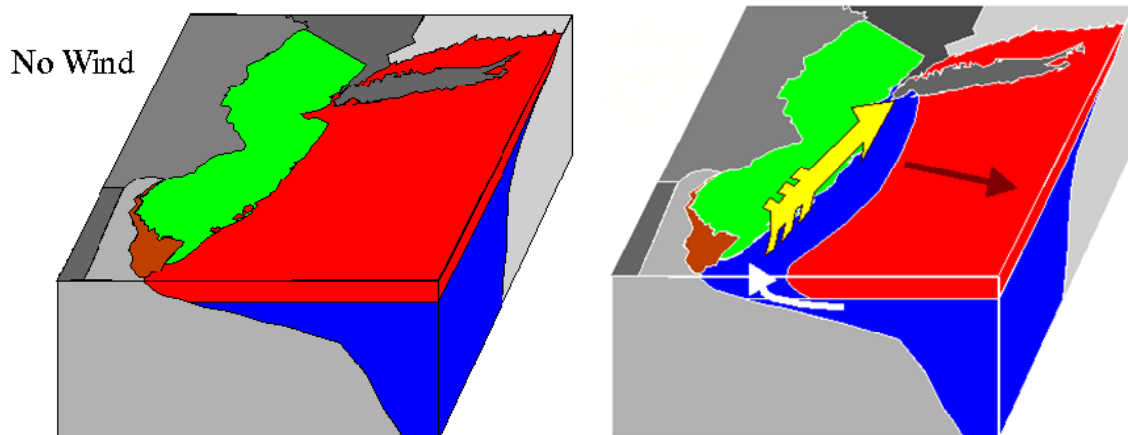
- Température et courants : Sous l'action de la température, les eaux équatoriales fortement réchauffées augmentent de volume et sont plus élevées de quelques centimètres que les eaux environnantes. Cette petite pente suffit à créer des courants qui descendent vers les pôles. De son côté, l'eau froide descend au-dessous de l'eau chaude et glisse en direction de l'équateur. Ce va-et-vient des eaux océaniques entre l'équateur et les pôles et vice-versa est compliqué par la rotation terrestre.
- Vents et courants : Les rayons du soleil réchauffent, l'atmosphère et créent les vents. Ces vents soufflent des régions de hautes pressions (régions froides) vers celles où règnent des basses pressions. En raison du mouvement de la terres, les vents (et notamment les alizés, propres aux régions tropicales) sont déviés et soufflent dans une direction faisant un angle de 60 degrés par rapport à l'équateur. Il en résulte que dans l'hémisphère Nord ils sont détournés vers la droite, et vers la gauche dans l'hémisphère Sud. Ces vents entraînent les eaux marines et créent des courants.
- Force de Coriolis et courants : La force qui provoque cette déviation est appelée force de Coriolis :
 - Hémisphère Nord, les alizés soufflent dans le sens N-O/S-E
 - Hémisphère Sud dans le sens sud-est/nord-ouest ??
 - Régions tempérées : vents d'ouest
 - Chaleur solaire + force de Coriolis + vents :
 - Hémisphère Nord : courants dans le sens des aiguilles d'une montre
 - Hémisphère Sud : courants dans le sens inverse
 - La force de Coriolis provoque aussi un entassement de l'eau sur le côté droit des courants dans l'hémisphère Nord





Courants

- Les principaux courants chauds de l'hémisphère Nord sont le Gulf Stream, et le Kuroshio (courant australien occidental).
- Les courants froids de surface (Labrador et Oyashio), issus des milieux polaires, ont des parcours moins longs que les courants chauds.
- Il existe d'autres courants froids (ceux des Canaries, de Californie, de Humboldt ou du Pérou) qui sont des anomalies (ils se situent aux latitudes intertropicales en bordure orientale des océans, près des côtes). Ils sont dus aux alizés, qui, en soufflant vers le large et en y entraînant les eaux superficielles, provoquent une remontée des eaux sous-jacentes le long des côtes : Phénomène d'*upwelling* (tranche d'eau de 500 m environ).
- L'*upwelling* produit et entretient des courants de surface froids. (Ceux-ci expliquent les déserts littoraux voisins (par exemple le désert du Namib, en Namibie), qui contrastent avec le foisonnement de vie dans les eaux fraîches, riches en sels nutritifs). Les zones d'*upwelling* abondent en poissons et constituent des lieux de pêche très fertiles, tout comme le sont les secteurs de convergence de courants chauds et froids; (les Grands Bancs de Terre-Neuve, proches de la rencontre entre les courants du Labrador et du Gulf Stream, en sont un bon exemple).



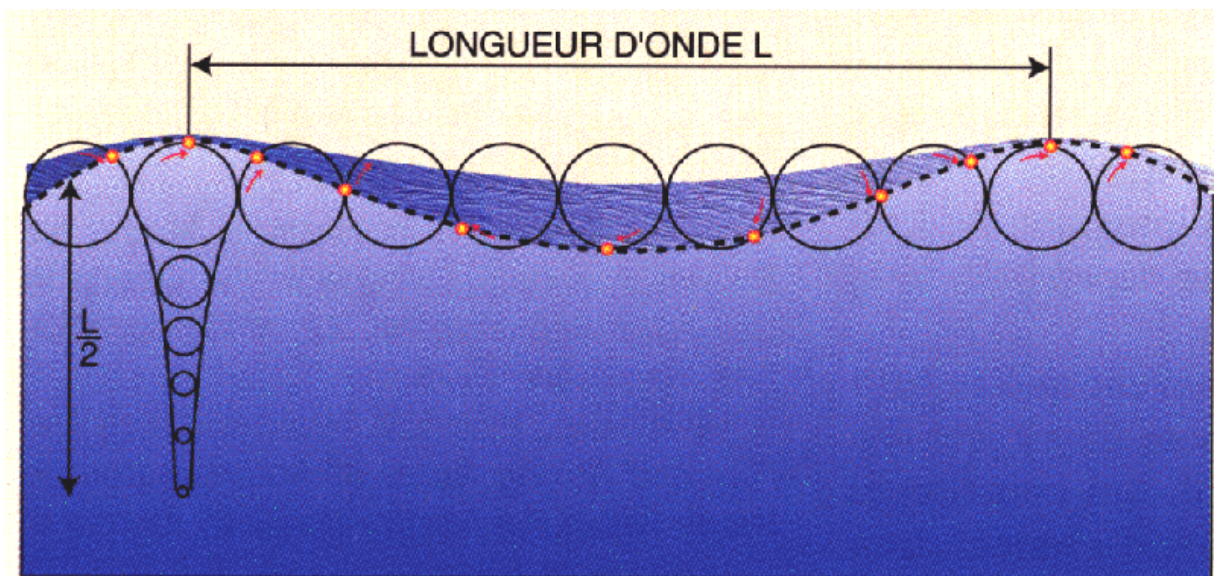
- Courants de profondeur :
 - Origine : différences de densité (t° , S_o/ρ_o).
 - Rôle : permettent de remplir les bassins océaniques profonds.
 - Ces mécanismes ne sont pas parfaitement compris :
 - Utilisation de modèles : couple atmosphère-océan ;
 - Programme international World Ocean Circulation Experiment => connaissance de la circulation des océans.

2. Vagues

- Origine : le vent qui souffle à la surface de la mer.
- Définition : Mouvements non périodiques de la surface de la mer, liés à l'action du vent => lorsqu'il n'y a pas de vagues, cela signifie que le vent est faible ou nul.
- Les vagues transportent l'énergie du vent :
 - une partie se dissipe dans les moutonnements et autres turbulences en cours de route ;
 - une partie (fraction résiduelle) se dissipe dans les vagues déferlantes de bord de côte et en friction exercée sur le rivage (érosion du rivage).
- Taille :
 - Vagues de 12 m de haut : ouragan soufflant à 130 km/h (<1/10).
 - Vagues de 25 m de haut : à proximité des Iles Kerguelen.
 - Record absolu : 34 m, en pleine mer.
- Echelle de Beaufort :

| Intensité | Terminologie | Km/h | Effets observés |
|-----------|-------------------|---------|---|
| 0 | Calme | 1 | Mer d'huile |
| 1 | Brise très légère | 1-5 | Formation de rides semblables à des écailles de poissons mais sans écume |
| 2 | Brise légère | 6-11 | Vagues courtes mais plus visibles. Leur crête est transparente, mais elles ne déferlent pas |
| 3 | Petite brise | 12-15 | Très petites vagues dont la crête commence à se briser. Ecume transparente. Parfois moutons épars |
| 4 | Bonne brise | 16-28 | Vagues modérées à forme nettement plus allongée. Beaucoup de moutons |
| 5 | Vent frais | 29-39 | Formation de lames. Les crêtes d'écume blanche se généralisent. Présence dembruns |
| 6 | Grand frais | 40-51 | La mer grossit. L'écume blanche des lames qui se brisent, commence à former de longues traînées blanches orientées dans le sens du vent |
| 7 | Coup de vent | 52-74 | Lames de hauteur moyenne et plus allongées. Du bord supérieur de la crête commence à se détacher des tourbillons dembruns. L'écume est toujours plus apparente en traînées orientées dans le sens du vent |
| 8 | Fort coup de vent | 75-88 | Grosses lames. Epaisse traînée d'écume. Les crêtes des lames commencent à vaciller, à se briser en rouleaux. Les dembruns peuvent réduire la visibilité. |
| 9 | Tempête | 89-102 | Très longues lames à longues crêtes et panache. L'écume produite s'agglomère en bancs très larges disposés dans le sens du vent. La surface semble blanche. Les lames déferlantes sont d'une grande violence. La visibilité est réduite. |
| 10 | Violente tempête | 103-117 | Lames exceptionnellement hautes (les bateaux de petit et moyen tonnage peuvent être perdus de vue). La mer est entièrement recouverte de bancs d'écume dirigés dans le sens du vent. Le bord des lames est brisé par le vent et l'écume. La visibilité est réduite. |
| 11 | Ouragan | 118-133 | L'air est plein d'écume et dembruns. La mer est complètement blanche, la visibilité est réduite. |

- Les vagues sont caractérisées par :
 - Leur longueur d'onde (distance séparant les crêtes de deux vagues) ;
 - Leur hauteur (mesurée entre la crête et le creux, point le plus bas) ;
 - La période (temps qui s'écoule entre le passage de deux vagues)
 - Leur direction ;
 - Leur vitesse de propagation.
- Grandes vagues océaniques, la vitesse de propagation est proportionnelle à la période : plus les vagues sont espacées, plus elles voyagent vite.
- Hauteur des vagues (distance verticale entre un creux et une crête) \Rightarrow la force du vent, le temps pendant lequel il souffle et la longueur du plan d'eau sur lequel il s'exerce.



- En pleine mer, les vents peuvent générer des vagues de période et d'amplitude élevées.
- Le vent ne transporte pas l'eau et provoque seulement un mouvement de la surface de la mer. Autrement dit, les vagues propagent une déformation de la surface.
- La position des objets qui flottent sur l'eau restent en place: *Quand une vague approche, un bouchon ou une barque remontent la pente liquide qui les domine, atteignent la crête, puis glissent vers le bas sur l'arrière de la vague. Quand celle-ci est passée, ni le bouchon ni la barque n'ont vraiment avancé.*
- Dans leur ensemble, les vagues se déplacent dans une direction proche de celle du vent : lorsqu'elles quittent la zone de formation (genèse), elles continuent sur leur lancée sous forme de houle.
- Quand les vagues approchent de la côte, la profondeur devient inférieure à un seuil critique : $1/2$ longueur d'onde \Rightarrow elles se brisent.
- La profondeur \searrow :
 - La hauteur des vagues \nearrow
 - La longueur d'onde \searrow \Rightarrow La crête s'effondre et donne la ligne d'écume.

La houle :

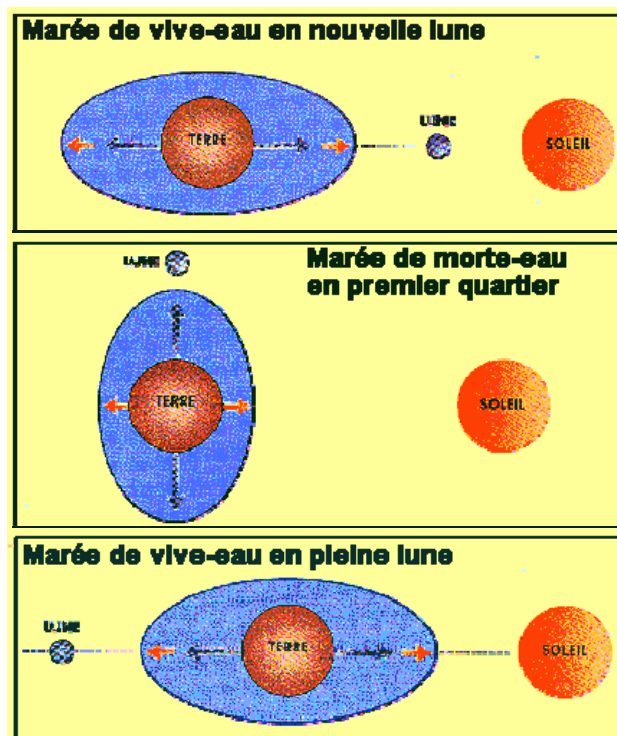
- Quand les vagues s'éloignent des régions ventées, où elles sont nées, elles deviennent plus symétriques, leur crêtes s'abaissent et s'arrondissent ⇒ création d'un train de vagues de hauteur et de période similaire : la houle.
- La houle correspond à des vagues de surface qui brassent l'eau jusqu'à une profondeur égale à la moitié de leur longueur d'onde.
- La vitesse est égale à 5.6 fois leur période (en secondes).
- Période : 10 s = vitesse : 56 km/h.
- La plus longue période de houle = 22.5 s.
 - ⇒ longueur d'onde = 745 m.
 - ⇒ vitesse : 125 km/h.

Les Tsunamis :

- Les Tsunamis sont des vagues isolées dues à un tremblement de terre ou à une éruption volcanique sous-marine. L'onde sismique qui en résulte, se propage à une vitesse voisine de 730 km/h.
- En pleine mer, les tsunamis ne mesurent que quelques dizaines de centimètres de haut, et ils ne s'élèvent qu'en arrivant sur les zones côtières peu profondes.
- Sur un rivage rectiligne ou dans des rades étroites, ils peuvent atteindre 60 m de haut.

Les marées :

- Les marées sont dues à l'attraction conjuguée du soleil et de la lune. L'attraction du soleil et de la lune provoque une oscillation perpétuelle des masses océaniques.
- A ces mouvements d'allure régulière se superposent des variations de hauteur d'eau d'origine météorologique, appelées surcotes-décotes, dont l'étude relève essentiellement de méthodes statistiques.



- On appelle marnage la dénivellation entre la pleine mer et la basse mer.
- Lorsque le marnage passe par un maximum, la marée est dite de vive-eau :
 - Phases de nouvelle lune et de pleine lune (syzygies).
 - Effets conjugués de la Lune et du Soleil.
- Lorsque le marnage passe par un minimum, la marée est dite de morte-eau :
 - Phases de premier et de dernier quartiers de la Lune (quadratures).
 - Effets opposés de la Lune et du Soleil.
- A chaque pleine lune et à chaque nouvelle lune (tous les quinze jours), les amplitudes de marée passent par un maximum.
- A chaque premier quartier et dernier quartier, les amplitudes de marée passent par un minimum.
- L'amplitude des marées varie en fonction des particularités de chaque bassin océanique :
 - surface du bassin ;
 - aspect des côtes ;
 - facteurs météorologiques.
- Les marnages peuvent être très différents d'une zone à l'autre ; Marnage maximal : baie de Fundy, au Canada (jusqu'à 16m) ; En France : baie du Mont-Saint-Michel (jusqu'à 13m).

CHAPITRE III : L'ENVIRONNEMENT BIOTIQUE

1. Introduction

- Paramètres biotiques = Éléments vivants de la biosphère : Végétaux et Animaux.
- On estime le nombre d'espèces marines différentes à plusieurs millions.
- Biodiversité des milieux marins > Biodiversité des milieux terrestres (phylums)
 - Milieux marins : Règne animal avec 28 phylums (embranchements), 13 exclusivement marins.
 - Milieu terrestres : Règne animal avec 11 phylums (embranchements), 1 exclusivement terrestre.
- Diversité des espèces ➡ mais encore mal connue (sources hydrothermales).

2. Classification des êtres vivants :

- Simpson (1945) : 21 catégories (mammifères) :
Règne, phylum ou embranchement, sous-phylum, superclasse, classe, sous-classe, infra-classe, cohorte, super-ordre, ordre, sous-ordre, infra-ordre, super-famille, famille, sous-famille, tribu, sous-tribu, genre, sous-genre, espèce, sous-espèce.
- Simplifiée : 7 catégories :
Règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce.
- Face aux découvertes continues (200 végétaux nouveaux chaque année), la classification des êtres vivants est en constante évolution.

Monera (procaryotes)

Organismes très primitifs dont la cellule ne comporte pas de noyau différencié (ex bactéries)

Protoctista (eucaryotes)

Organismes unicellulaires à noyau différencié, capables de vivre de façon autonome (ex protistes)

Fungi

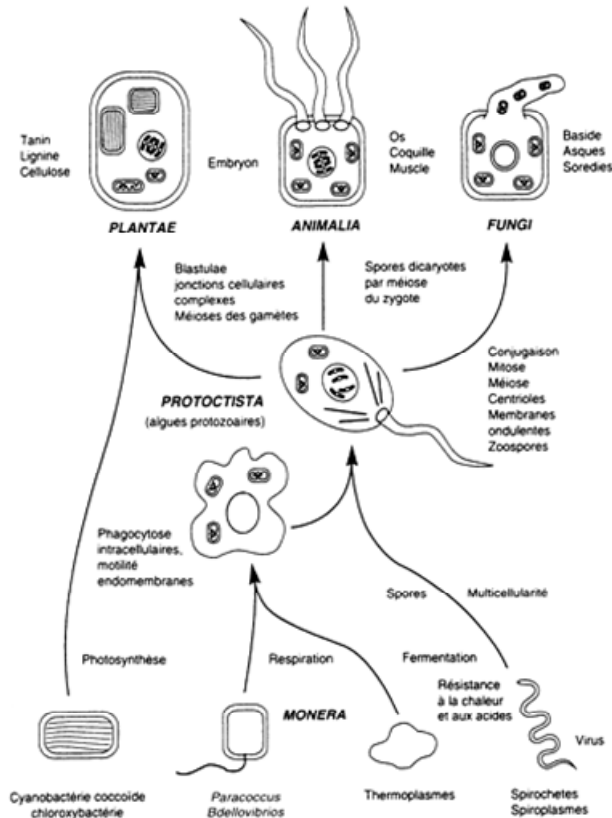
Organismes pluricellulaires, les champignons

Plantae

Organismes pluricellulaires, les plantes

Animalia

Organismes pluricellulaires, les animaux



Cinq règnes vivants + Phylogénie (1990-2000)

3. Les grands embranchements :

Règne animal : 30 phylum

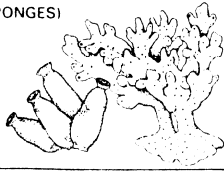
- Porifères
- Cnidaires
- Cténophores
- Mésozoaires
- Plathelminthes
- Némertiens
- Acanthocéphales
- Lophophoriens
- Rotifères
- Gastrotriches
- Kinorhynques
- Nématodes
- Priapulions
- Entoproctes
- Annélides
- Arthropodes
- Sipunculiens
- Echiuriens
- Mollusques
- Phoronidiens
- Brachiopodes
- Ectoproctes
- Chetognathes
- Pogonophores
- Echinodermes
- Stomochordés
- Céphalochordés
- Hémichordés
- Urochordés
- Chordés

Règne végétal : 7 phylum

- Chlorobiontes (algues vertes, mousses, fougères, plantes à fleurs)
- Euglénobiontes (algues unicellulaire)
- Rhaphidobiontes
- Chromobiontes (diatomées, algues brunes)
- Cryptobiontes
- Dinobiontes (dinoflagellés, péridiniens)
- Rhodobiontes (algues rouges)

4. Exemple de quelques embranchements

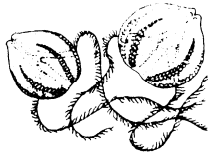
PORIFÈRES (ÉPONGES)



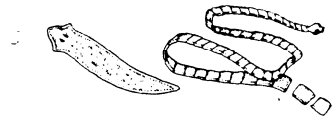
CNIDAIRES (ANÉMONES DE MER, MEDUSES, CORAUX)



CTENOPHORES (MEDUSES À "PEIGNES")



PLATHELMINTHES (VERS PLATS)



NÉMERTIENS (VERS À TROMPE OU RUBANES)



ACANTHOCÉPHALES (VERS À "TÊTE ÉPINEUSE")



ROTIFÈRES (ANIMAUX TOURNEURS)



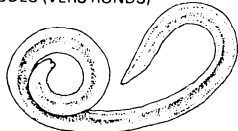
GASTROTRICHES



KINORHYNQUES



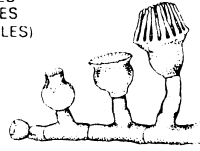
NÉMATODES (VERS RONDS)



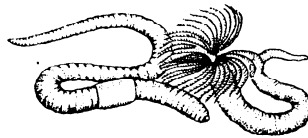
PRIAPULIONS



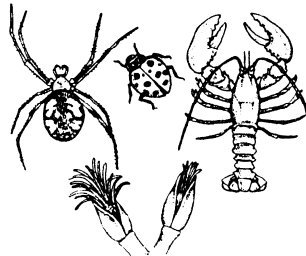
ENTOPROCTES (À TENTACULES ET PEDONCULES)



ANNELIDES (VERS DE TERRE, VERS À PANACHE DE TENTACULES)



ARTHROPODES (INSECTES, CRABES, CREVETTES, BALANES)



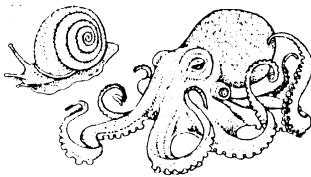
SIPUNCULIENS (VERS "ARACHIDE")



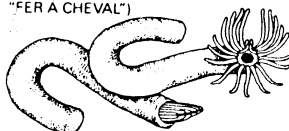
ECHIURIENS (VERS "SAUCISSE" MARINS)



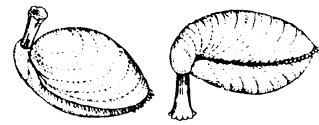
MOLLUSQUES (BIVALVES, GASTROPODES, POULPES, CALMARS)



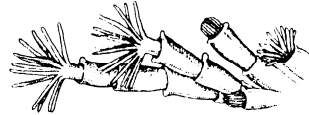
PHORONIDIENS (VERS À LOPHOPHORE EN "FER À CHEVAL")



BRACHIOPODES



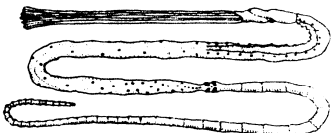
ECTOPROCTES (BRYOZAIRES OU ANIMAUX MOUSSE)



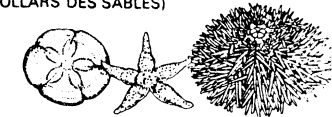
CHÉTOGNATHES (VERS SAGITTAIRES)



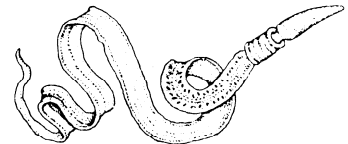
POGONOPHORES (VERS DE MER PROFONDE)



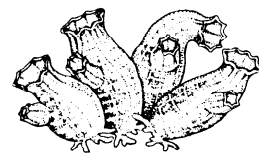
ECHINODERMES (ÉTOILES DE MER, OURSINS, DOLLARS DES SABLES)



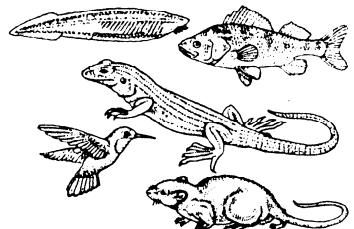
HÉMICHORDÉS (VERS À "GLAND")



UROCHORDÉS ("SERINGUES" MARINES)



CHORDÉS (AMPHIOXUS, POISSONS, AMPHIBIENS, REPTILES, OISEAUX, MAMMIFÈRES)



Dix règnes vivants (2000-2005)

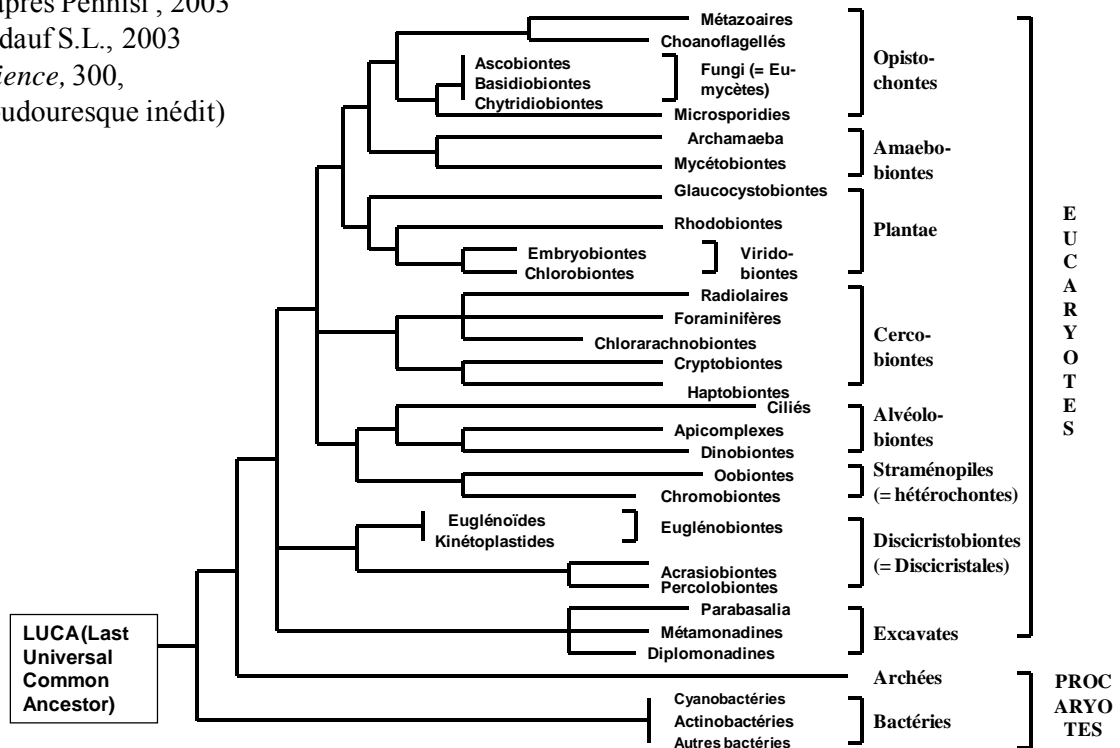
Arbre simplifié du monde vivant (phylogénie moléculaire)

(d'après Pennisi, 2003)

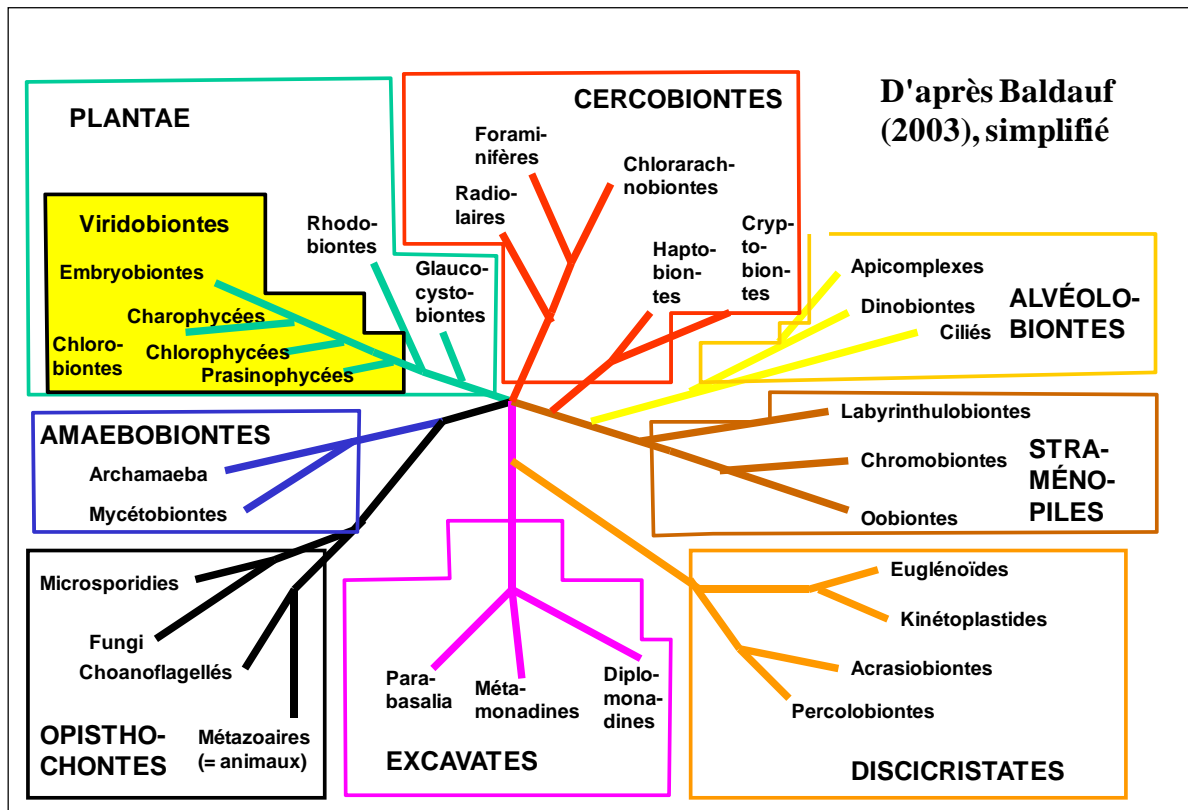
Baldauf S.L., 2003

-*Science*, 300,

-Boudouresque inédit)

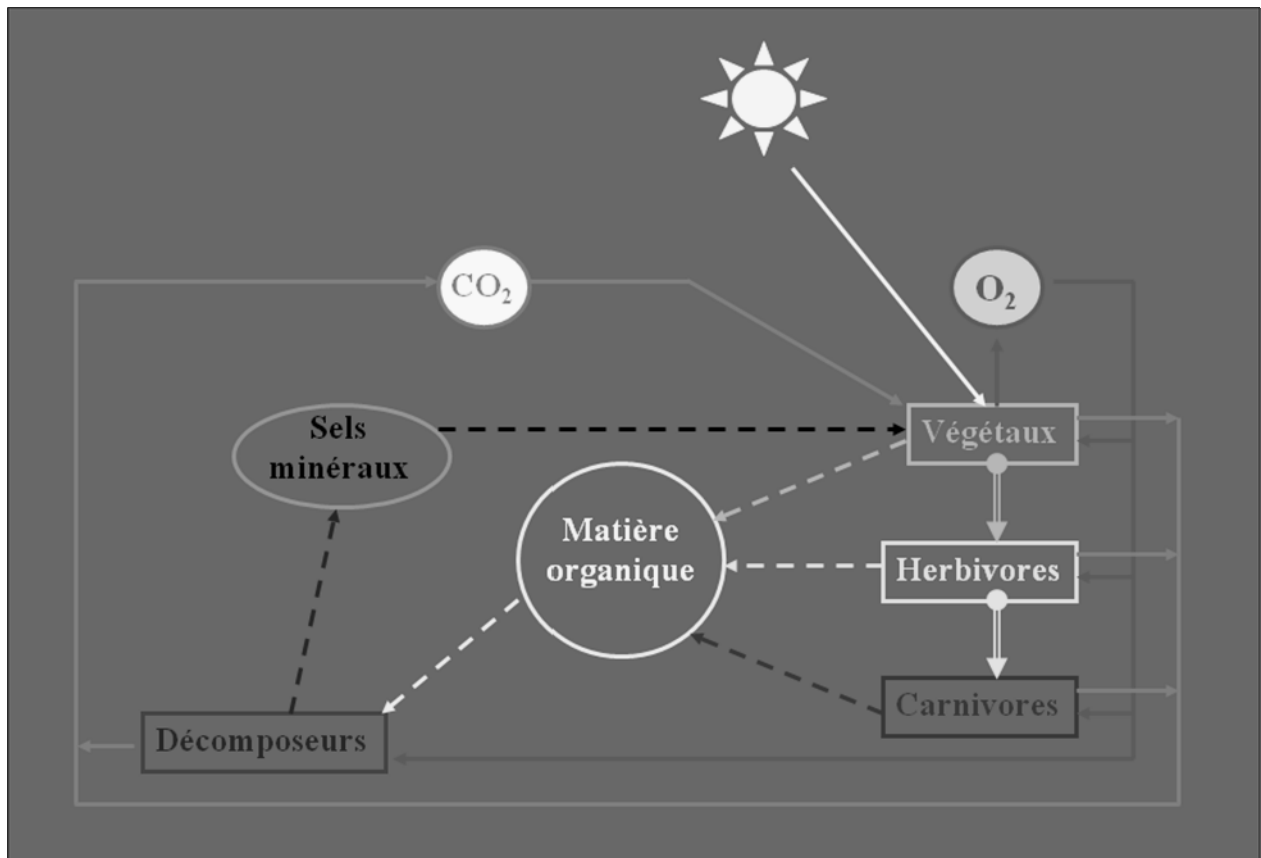


8 règnes d'eucaryotes (2000-2005)



5. Le cycle de la matière

- Activité des producteurs primaires (milieu marin & milieu terrestre) :
 - Disponibilité des nutriments minéraux.
 - Quantité suffisante d'énergie lumineuse (limitée en profondeur).



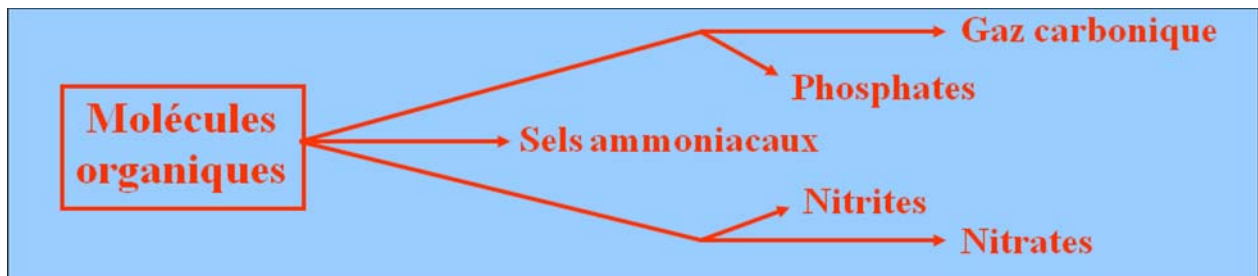
6. Intensité lumineuse :

- Photosynthèse > Respiration : Production végétale (réserves).
- Photosynthèse = Respiration : Production nulle.
- Photosynthèse < Respiration : Mortalité.
- Éclairement pour lequel le bilan CO₂/O₂ = 1 (cycle normal de 24 heures) :
 - ↳ Éclairement de compensation → profondeur de compensation.
- Profondeur de compensation :
 - ↳ Quelques mètres - eaux très turbides ;
 - ↳ 100 à 150 m - eaux ont une transparence élevée (eaux bleues) ;
 - ↳ 40 et 60 m - la plupart des populations végétales plurispécifiques.
- Éclairement (profondeur) de compensation permet de subdiviser l'ensemble des milieux océaniques en deux grands systèmes séparés par la profondeur de compensation moyenne des végétaux de chacune des régions de l'océan mondial :
 - ↳ Le système phytal, dans lequel la photosynthèse peut s'exercer.
 - ↳ Le système aphytal d'où toute vie végétale photoautotrophe est exclue.
- 99% des espèces vivantes sont présentes dans le système phytal.

7. Eléments nutritifs :

- Les végétaux ont également besoin de substances minérales.

- Source de carbone minéral : gaz carbonique (dissous ou combiné sous forme de bicarbonates et carbonates) → Système du gaz carbonique.
- Origine du CO₂ :
 - ↳ Respiration des êtres vivants.
 - ↳ Métabolisme des germes hétérotrophes.
 - ↳ Éruptions volcaniques.
 - ↳ Atmosphère (dont la teneur croît régulièrement).
- [CO₂] n'est jamais un facteur limitant de la production primaire.
- Sources d'azote et de phosphore ↳ Fleuves et ruissellement (quantités importantes) :
 - Mais elles sont insuffisantes pour satisfaire tous les besoins des végétaux
 - Les eaux, situées sous la couche éclairée (photosynthèse faible ou nulle) en renferment des quantités considérables (pas utilisées)
 - Mise à disposition de N et P lorsqu'interviennent des processus dynamiques qui les amènent dans la couche éclairée
 - ↳ Soulèvements d'eaux intermédiaires (upwellings)
- Source des sels minéraux nutritifs :
 - ↳ Minéralisation des matières organiques (dissoutes, particulières) → Déchets du métabolisme des êtres vivants (excrétas, boulettes fécales, cadavres, mues des crustacés, etc.)
- Dégradation :
 - ↳ Physicochimique, processus efficace qu'en zone tropicale (où règnent des températures plus élevées)
 - ↳ Biologique, par des organismes hétérotrophes inférieurs (champignons et surtout bactéries) = voie principale



- Minéralisation :
 - par oxydation (grande consommation d'oxygène)
 - Énergie aux micro-organismes pour la synthèse de leur propre substance
 - Rendement de transfert d'énergie très élevé (30 à 40%).
 - Cette activité minéralisatrice se déroule au sein des eaux elles-mêmes et principalement à un niveau situé un peu au-delà de la profondeur de compensation, où on observe une multiplication.
 - Cette pullulation est due à la vitesse de chute plus faible des détritiques du fait de la densité des eaux.
 - Cette minéralisation n'intéresse qu'une partie du matériel organique; les fractions les plus stables continuent leur chute vers les profondeurs, où les bactéries sont de moins en moins abondantes et leur activité physiologique de plus en plus restreinte.

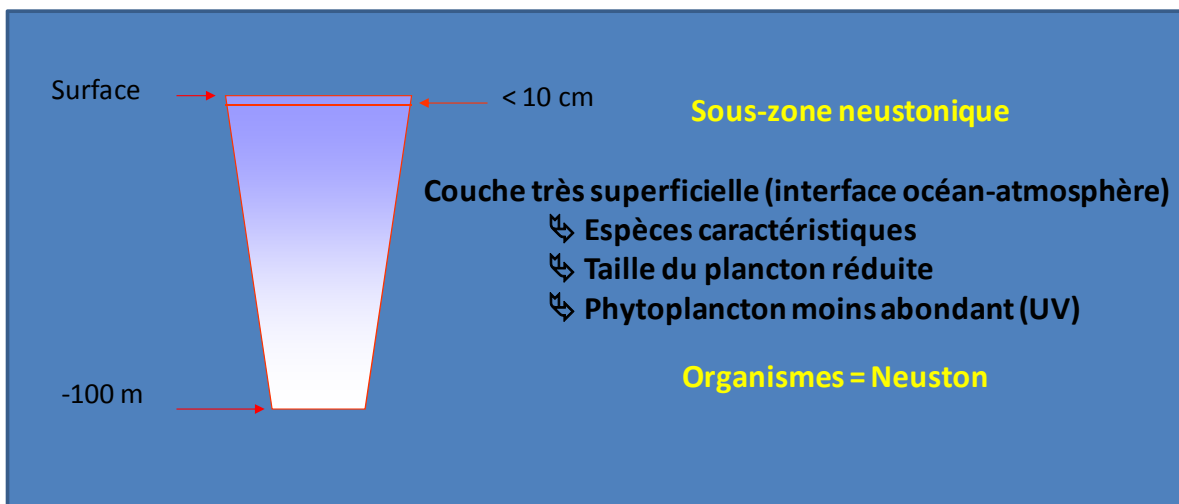
- Inversement, aux profondeurs relativement faibles (plateau continental), la teneur en matières organiques métabolisables est souvent importante, et, de ce fait, les populations microbiennes sont très importantes (couramment plusieurs millions de germes par gramme de vase humide) et très actives, de sorte que la minéralisation est intense.
- La remise à disposition de ces sels minéraux dans la couche éclairée nécessite des mouvements des masses d'eaux; ceci se produit dans les mers tempérées, après le refroidissement hivernal des eaux de surface.
- La densité des eaux augmentent suite au refroidissement et elles plongent et se mêlent aux eaux plus profondes et plus riches en sels minéraux.
- Ces eaux remonteront vers la zone éclairées au printemps.

CHAPITRE III : REPARTITION DES ETRES VIVANTS

A. LE DOMAINE PELAGIQUE

1. Zone épipelagique

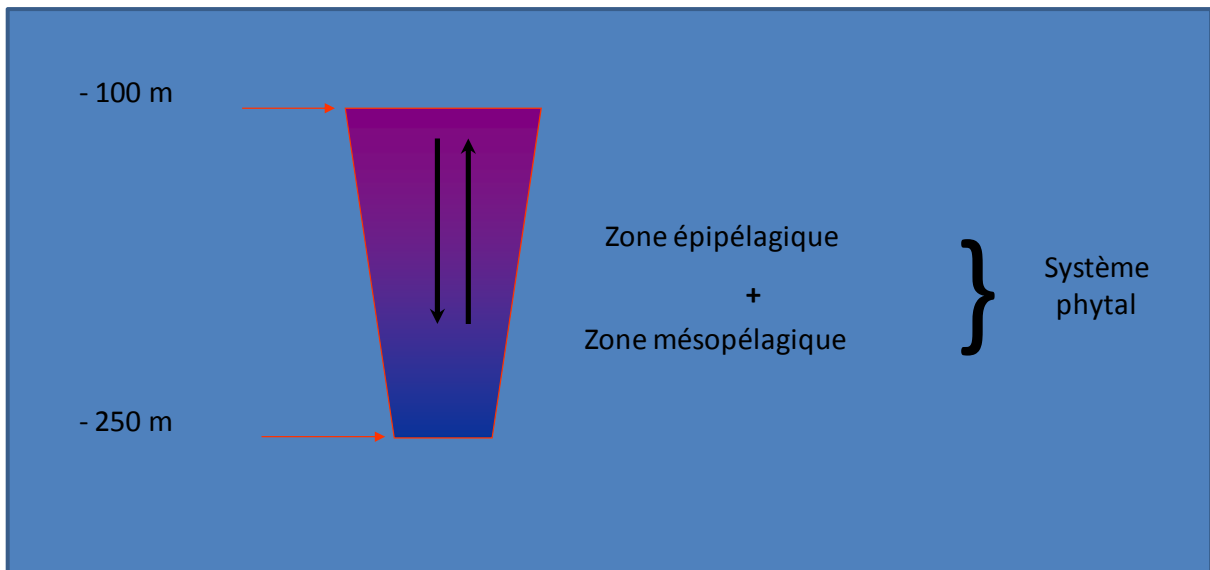
- Surface → Profondeur de compensation (croissance du phytoplancton)
 - ↳ Couche euphotique (50 à 100 mètres d'épaisseur)
 - Variations / la région.
 - Variations / la transparence de l'eau.
- Caractéristiques :
 - Présence d'un peuplement végétal (phytoplancton).
 - Zooplancton très riche, très varié.
 - Crustacés (Copépodes) largement dominants.



2. Zone mésopélagique

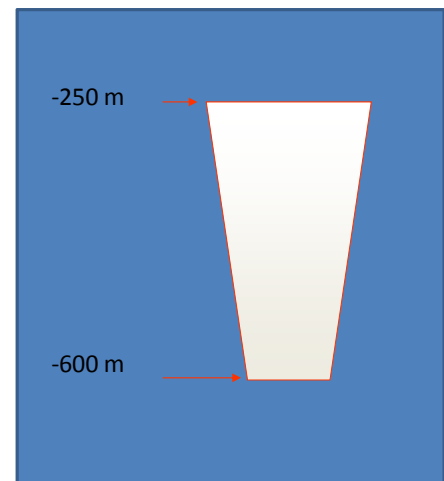
- Couche euphotique → Limite inférieure de survie des végétaux
 - ↳ Couche oligophotique (→ -200 à -250 m)
 - Bilan photosynthétique < 1
 - Échanges avec la couche euphotique (courants)
- Caractéristiques :

- Présence de peuplement végétal réduit (faible vitalité)
- Zooplancton très similaire à la zone épipélagique (Copépodes)



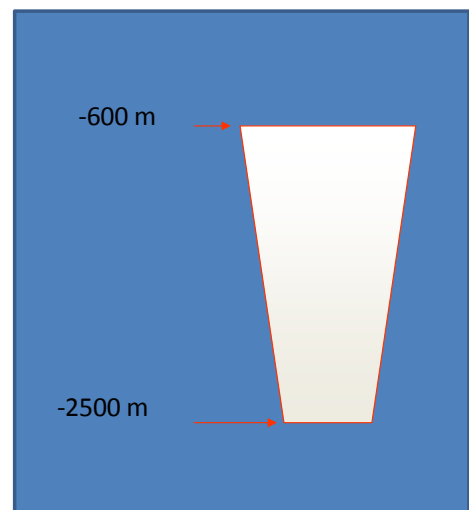
3. Zone infrapélagique

- Couche oligophotique (-250 m) → -500 à -600 m
 - ↳ Zone de transition (système « superficiel » et système profond)
- Caractéristiques :
 - Absence de phytoplancton
 - Zooplancton très particulier
 - ↳ Quelques espèces permanentes
 - ↳ Majorité d'espèces « en transit »
 - du système phytal (descente diurne)
 - zones plus profondes (remontée nocturne)



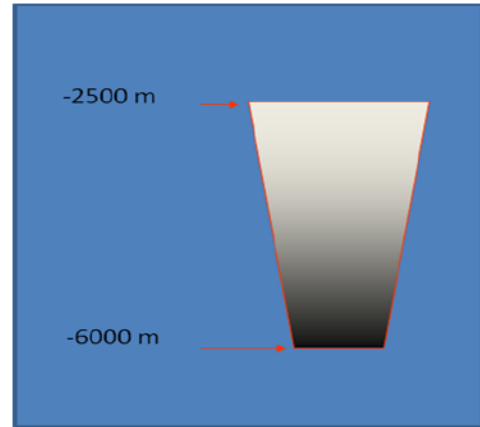
4. Zone bathypélagique

- 600 m → -2000 à -2500 m
 - ↳ Pente du talus continental
- Caractéristiques :
 - Renouvellement complet des espèces du Zooplancton
 - Absence des espèces du système phytal
 - Copépodes largement dominants (espèces), parfois en biomass
 - Apparition de formes de grande taille (caractéristique du plancton profond (Méduses, Holothuries pélagique, etc...))



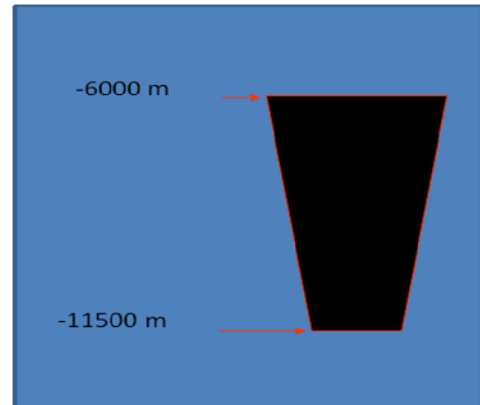
5. Zone abyssopélagique

- -2500 m → -6000 m
 - ↳ Plaines abyssales
- Caractéristiques :
 - Espèces de grande taille
 - Recul des copépodes
 - Chétognathes, Mysidacés et décapodes dominants



6. Zone hadopélagique

- > -6000 m
 - ↳ Grandes fosses océaniques (volume relativement restreint)
- Caractéristiques :
 - Biodiversité réduite
 - Crustacés sont dominants (amphipodes, copépodes, ostracodes)



B. LE DOMAINE BENTHIQUE

- Deux grands systèmes :
 - ↳ Système phytal, où la vie végétale est possible (suffixe -littoral)
 - ↳ Système aphytal où la vie végétale est impossible

1. Etage supralittoral :

- Organismes liés au milieu marin mais qui exigent ou supportent une émergence continue
- Zone d'humectation salée
- Une partie de cet étage peut subir une immersion temporaire courte (marées exceptionnelles)
- Nombreux organismes aériens adaptés à l'ambiance marine

2. Etage médiolittoral :

- Organismes qui exigent ou supportent des émergences et immersions cycliques plus ou moins prolongées
- Une partie des peuplements intertidaux (zone de balancement des marées)
- Dans les mers à marées faibles ou sans marées, il se situe entre les zones d'émergence totale et d'immersion totale dans des conditions de temps moyen

3. Etage infralittoral :

- Organismes qui exigent une immersion continue, en même temps qu'un éclaircissement intense
- Limite inférieure se situe au niveau où disparaissent les phanérogames marines et les algues photophiles :

- 15-20 mètres pour les hautes latitudes
- 30-40 mètres en Méditerranée
- 80 mètres dans les régions intertropicales

4. Etage circalittoral :

- De la limite inférieure de vie des végétaux photophiles jusqu'à la profondeur extrême compatible avec la survie des algues les plus tolérantes aux éclaircements faibles (sciaphiles)
- Biomasse animale l'emporte toujours sur la biomasse végétale

5. Etage bathyal :

- Peuplements du talus continental et immédiatement au pied de ce talus
- Limite inférieure de l'étage bathyal se situerait un peu au-delà de 3000 mètres
- Sur le plan trophique, les influences néritiques se font encore sentir, surtout devant les zones à forts apports fluviaux (importance de la production paraprimaire)

6. Etage abyssal :

- Peuplements de la grande plaine à très faible pente qui s'étend jusque vers - 6000 à -7000 m
- Présence localement de biocénoses liées aux sources hydrothermales profondes

7. Etage hadal :

- Correspond aux fosses et ravins (au-delà de 7000 mètres)
- Peuplement caractérisé par un appauvrissement qualitatif et quantitatif général
- Présence de Bactéries particulières dites barophiles