

Cours d'océanographie générale niveau L1

Par Prof. BIKPO Céline

Bibliographie

Le Grand Atlas de la Mer. 1989. Encyclopaedia Universalis.

Ocean Circulation. 1989. Open University/Pergamon.

Océans et Atmosphère. 1996. Collection Synapes. Hachette, Paris

Biju-Duval, B., 1994. Océanologie. Collection Géosciences. Dunod, Paris, 1994.

Bussi-Copin (Corinne), 2001, guide des formations mer, eau, environnement, institut océanographique, Paris.

Colignon (Jean), 1991, Ecologie et biologie marines, introduction à l'halieutique, Masson, Paris

Copin-Montégut, G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection synthèses. Institut Océanographique.

Dera, J., 1992. Marine Physics. Elsevier Oceanography Series.

De Wilde S. & Paccalet Y., 2002, le bonheur sous la mer, le chêne, Paris

Kunzig R. 2001, l'océan, actes sud/solin

Larousse (2002), La planète terre, collection portail des sciences, Paris,

Larousse (1999), Le livre de la mer, Paris

Le Pichon X. et Pautot G. (1976), le fond des océans, collection que sais-je ?, PUF, Paris

Louchet André (2013), les océans, bilan et perspectives, Armand Colin, Paris

Minster, J.F., 1997. La Machine Océan. Collection nouvelle bibliothèque scientifique, Flammarion, Paris.

Minster, J.F., 1994, **les océans**, collection Dominos, Flammarion, Paris

Mojetta A., 1998, **océans, merveilles du monde sous-marin**, Solar, Paris

Revault d'Allones, M., 1992. **L'Océanographie Physique**. Collection Que Sais-je. Presses Universitaires de France.

Revault d'Allones, M., 1995, **les océans**, collection que sais-je ? PUF, Paris

Royer Pierre, 2013, **dico, atlas des mers et des océans, histoire, géographie et géopolitique**, ed. belin, Paris

Royer Pierre, 2012, **Géopolitique des mers et des océans**, PUF, Paris

Tchernia, P., 1978. **Océanographie Régionale**, ENSTA

Tomczac, M. and J.S. Godfrey, 1994. **Regional Oceanography : An Introduction**. Pergamon Press.

Le Web

L'objectif général de ce cours est de donner des connaissances en océanographie aux étudiants

Comme objectifs spécifiques !

Les étudiants doivent être capables d'énumérer certaines caractéristiques physique, chimique et biologique de l'océan

Les étudiants doivent à la fin du cours citer sans se tromper les différentes ressources de l'océan

A la fin du cours, les étudiants doivent être capables de donner des informations précises sur l'océan.

PLAN

- Bibliographie
- Introduction
- I – Généralités sur les océans et les mers

- II – L'étude de l'océanographie
- III – les spécialités de l'océanographie
- IV – formes et dimensions des océans
- V – l'exploitation des océans
- Conclusion

Introduction

Comme le corps humain est composé, en moyenne, de 70% d'eau, la planète « Terre » est recouverte par 71% ... de l'eau des océans.

Océans et mer sont au cœur des préoccupations d'une grande partie de l'humanité : sur notre planète, **la moitié de la population vit à moins de 150 km du littoral.**

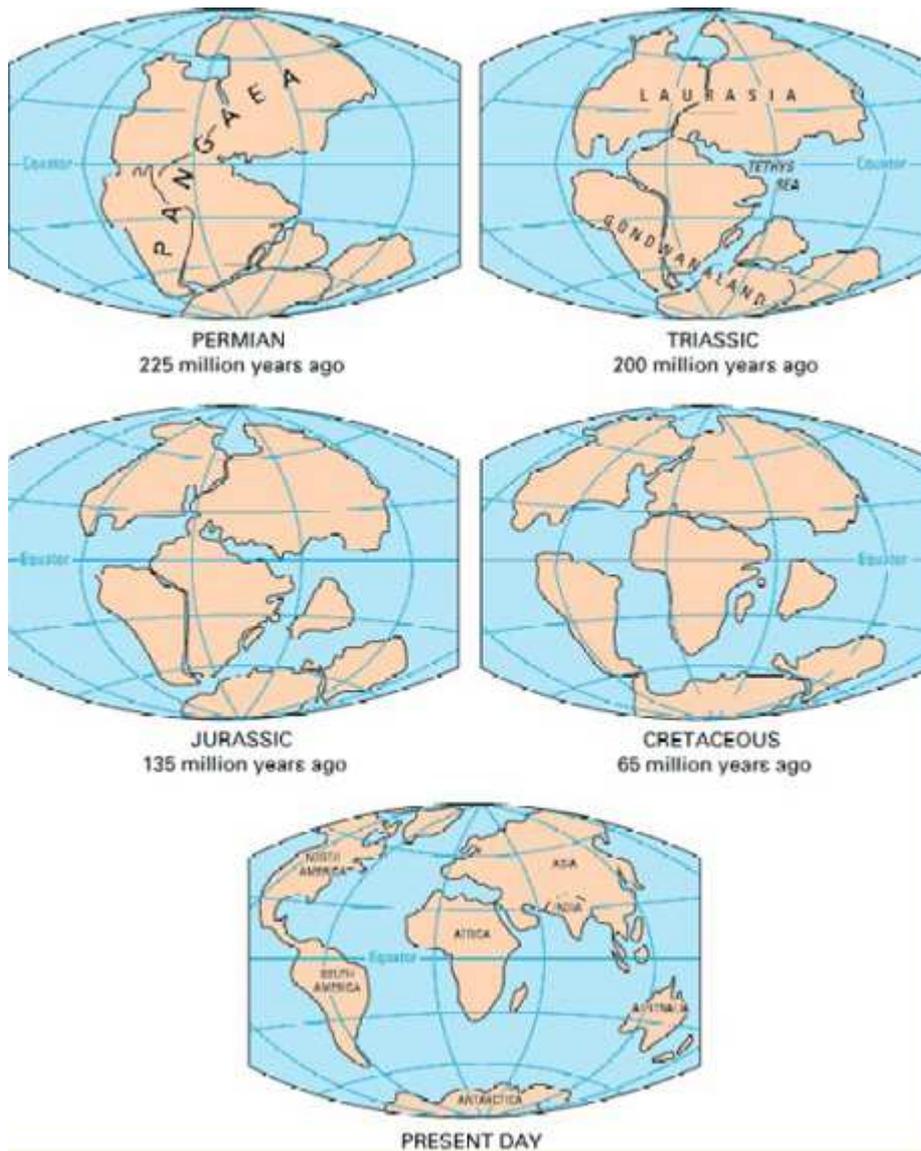
La vie est apparue dans les océans il y a plus de trois milliards d'années. Et les océans contribuent, dans une très large mesure, à la maintenir aujourd'hui. Constituant à la fois la principale source d'oxygène de l'atmosphère, une formidable pompe à gaz carbonique et un réservoir d'eau universel, les océans interviennent de façon prépondérante sur le devenir de toutes les espèces, et par conséquent sur le nôtre. Capables d'emmagasiner mille fois plus de chaleur que l'atmosphère, ils jouent un rôle essentiel sur la régulation des climats. En outre, la richesse que portent en eux les océans n'est pas inépuisable. La pollution croissante des océans, et le réchauffement des eaux océaniques corrélées à celui de l'atmosphère, constituent deux autres problèmes majeurs. Il y a urgence à préserver les richesses de la mer, et nécessité absolue de le faire.

I – Généralités sur les océans et les mers

1 – l'origine des océans

Il y a plus de quatre milliards d'année, des précipitations gigantesques s'abattirent pendant des centaines de milliers d'années sur la terre.

Une partie de l'eau des océans proviendrait également du bombardement des comètes. Cette masse d'eau unique Téthys s'est ensuite subdivisée en plusieurs océans. On explique généralement cette subdivision par la théorie la dérive des continents.

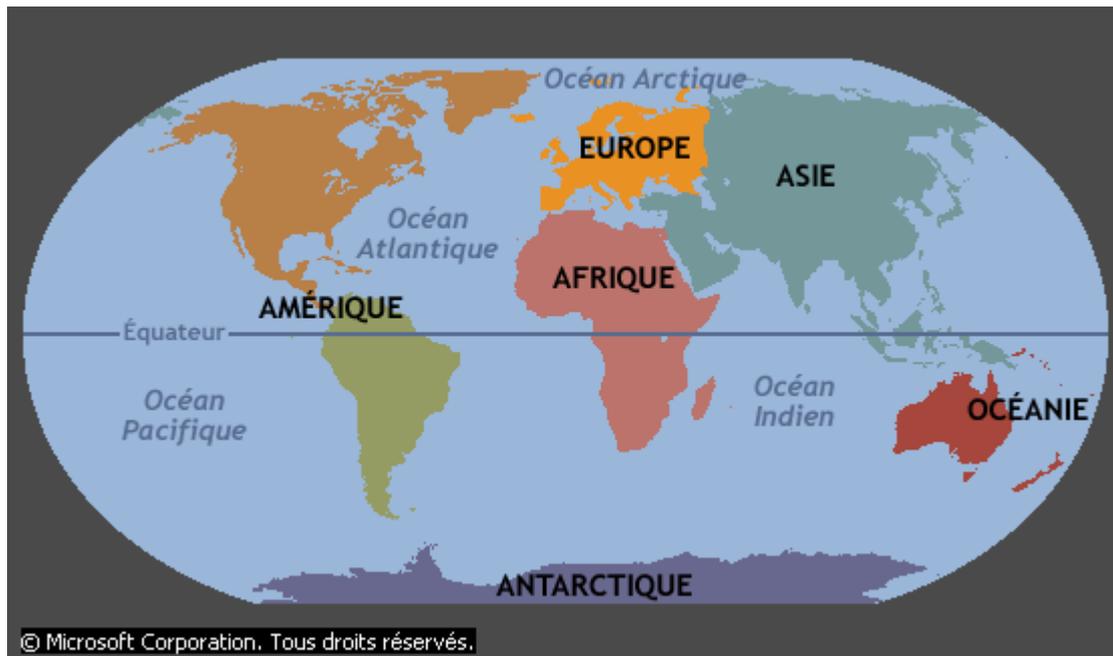


2 – les grands océans

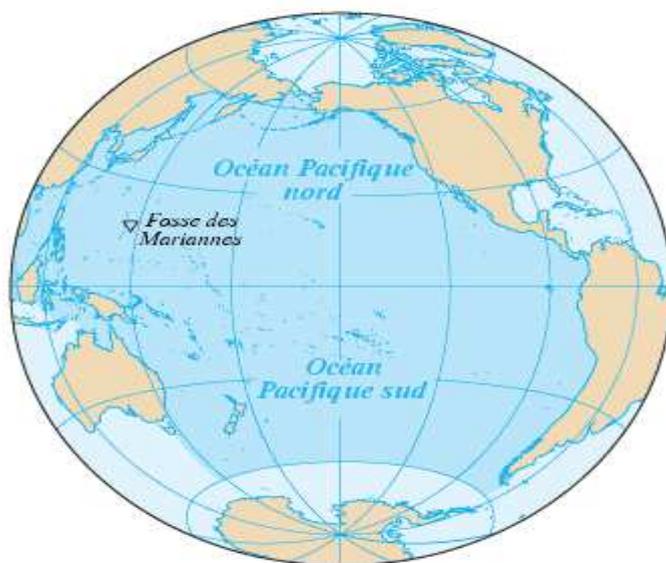
Un océan : est une portion du milieu qui doit posséder 4 critères à la fois :

1. avoir une vaste superficie
2. une profondeur moyenne importante
3. une large communication avec les autres océans
4. et des rivages appartenant à des continents différents.

On distingue cinq sous-ensemble : pacifique, atlantique, indien, « austral ou antarctique » et « arctique »



21 – l'océan pacifique



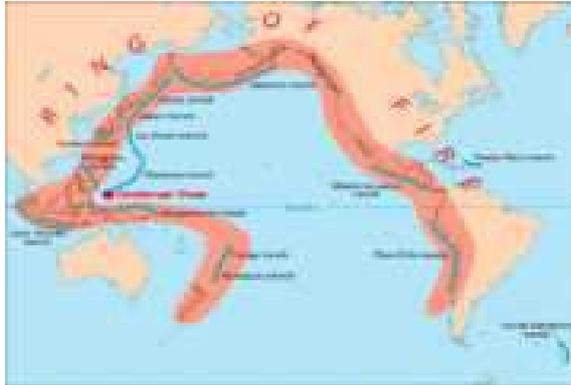
211

- Généralités

L'Océan Pacifique, qui s'étend sur une surface de 180 000 000 km², est l'océan le plus vaste du globe terrestre. Il couvre 1/3 des espaces de la planète et équivaut à l'ensemble des terres émergées. Il comprend entièrement l'Océanie et quelques autres îles et archipels qui traditionnellement font partie de l'Asie (Japon, Philippines, Insulinde). Il est entouré par l'Asie, l'Australie et l'Amérique, alors que sa limite avec l'océan austral est officiellement marquée au 60° degré de latitude sud.

C'est dans le Pacifique que se trouvent les fosses les plus profondes de la Terre, avec des profondeurs dépassant 10 000 mètres dans les fosses des Kouriles, des Mariannes

et des Philippines. Le Pacifique est parcouru par plusieurs dorsales qui forment parfois en surface des archipels linéaires.



Il est entouré par la ceinture de feu et connaît de nombreux tremblements de terre. Lorsqu'ils se produisent dans l'océan, ces derniers provoquent des **tsunamis**.

212 - le Tsunami

Le phénomène que nous appelons "Tsunami" est une série de vagues de période extrêmement longue se propageant à travers l'océan, générées par des mouvements du sol dus essentiellement à des séismes sous-marins. Les éruptions volcaniques sous-marines ou les glissements de terrain peuvent aussi créer des tsunamis.





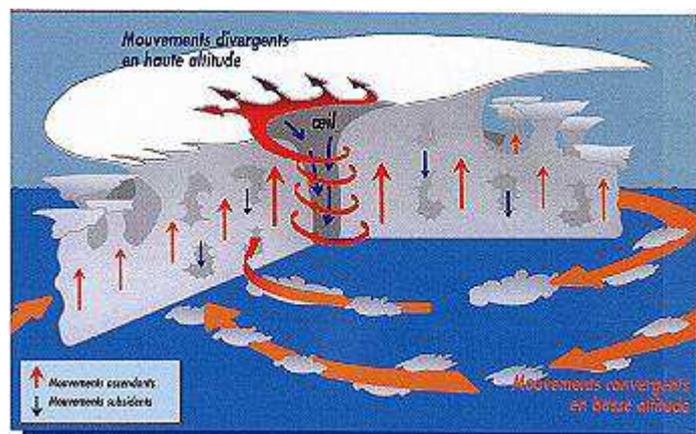
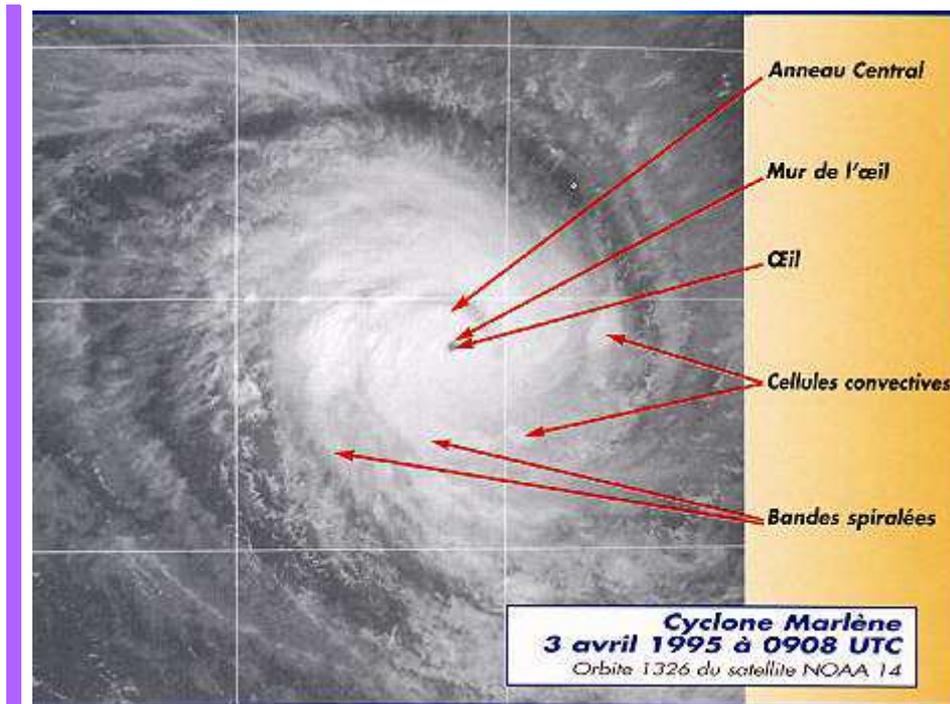
213 - Les CYCLONES

2131 - DEFINITION

Le cyclone tropical est une **perturbation atmosphérique associée à une dépression très creuse**, générant des vents tourbillonnaires violents dépassant le seuil des **117 km/h** (force 12 Beaufort). Les cyclones s'accompagnent généralement de pluies diluviennes et d'une très forte houle dite cyclonique.

2132 - DESCRIPTION D'UN CYCLONE

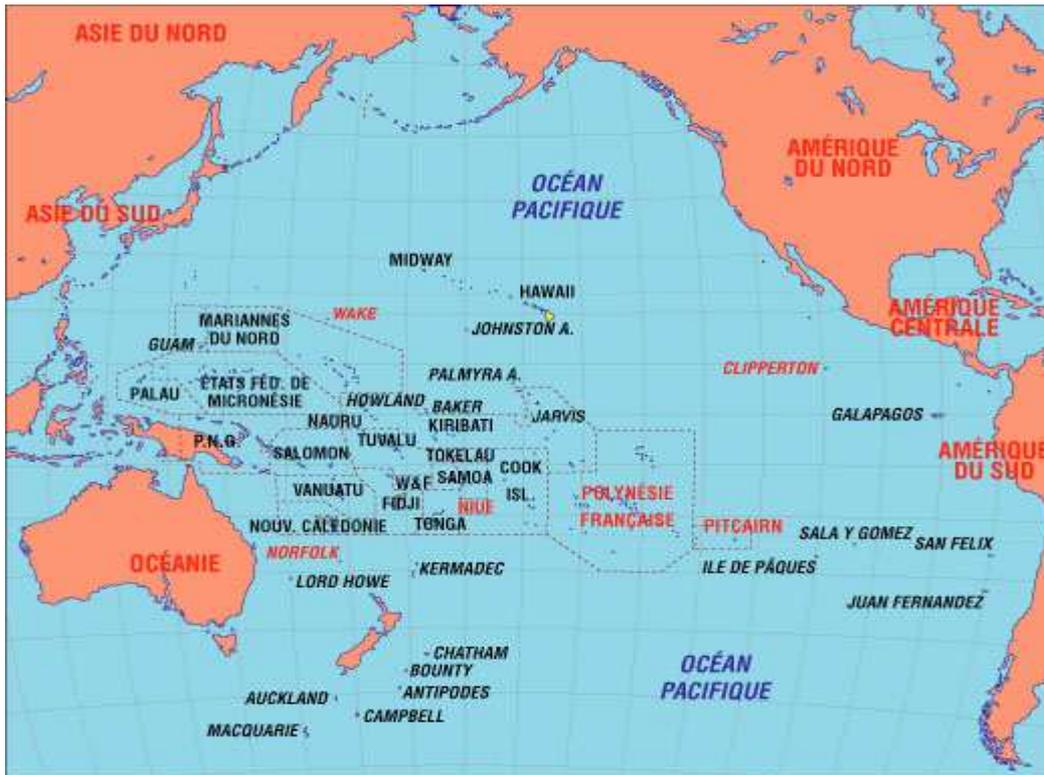
Sur les images satellitales, le cyclone se présente sous la forme d'une énorme masse nuageuse, organisée en bandes spiralées qui convergent vers le centre du système appelé "œil".



214 – El Niño

Le Pacifique est parcouru tous les cinq ans par un courant marin appelé El Niño qui exerce une influence non négligeable sur le climat.

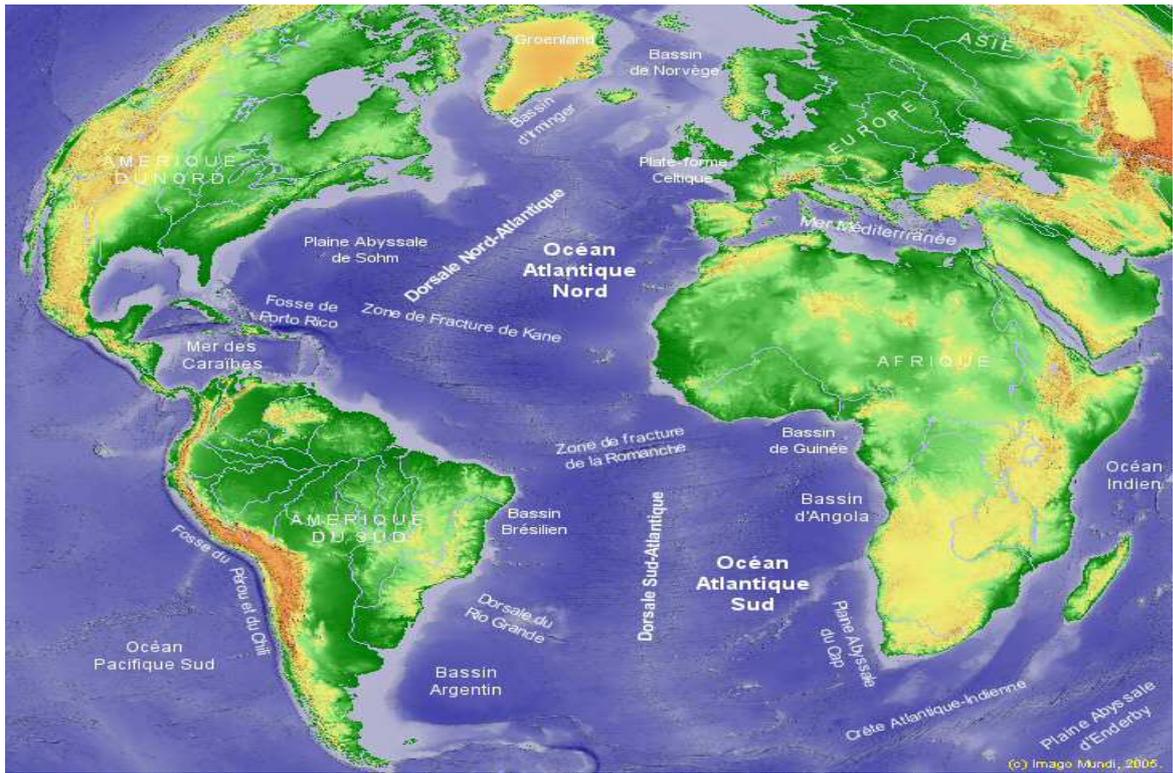
Cette interaction entre l'océan et l'atmosphère touche particulièrement le climat en Australie, en Afrique, dans l'Asie du Sud et dans les régions tropicales de l'Amérique.



22 – l'océan atlantique



La superficie de l'Océan Atlantique est de 94 000 000 km², en fait le deuxième par la taille derrière l'océan Pacifique.



23 – l’océan indien



L'**océan Indien** est un océan qui s'étend sur une surface de 75 000 000 km². Il est limité au nord par l'Inde, le Pakistan et l'Iran, à l'est par la Birmanie, la Thaïlande, la Malaisie, l'Indonésie et l'Australie, au sud par l'océan austral et à l'ouest par l'Afrique et la péninsule arabique.

Tous les océans vont se rencontrer dans l'hémisphère sud au-delà de 50° de latitude sud. Ils vont donner naissance à une autre entité océanique qui n'a pas les mêmes caractéristiques que les autres océans étudiés. C'est l'**océan austral**. Cet océan entoure le continent antarctique. L'Antarctique ou l'océan austral couvre 77 millions de km².

Quant aux masses d'eau situées aux pôles, elles jouent un rôle si fondamental dans la circulation océanique qu'on les a également baptisées océans, bien qu'elles ne remplissent pas strictement à leur définition : « l'océan arctique », partie polaire de l'atlantique, couvre 14 millions de km².

3 – les mers

La mer: est une portion du milieu océanique qui ne possède pas les 4 caractéristiques à la fois.

On aura plusieurs types de mers :

Les mers marginales, sont des mers situées sur les bords des océans, mais elles ont une large communication avec ce dernier et possèdent des profondeurs peu grandes. Exemple : la mer du Nord (britannique), la mer d'Oman (entre l'Inde et l'Arabie), la Manche (France), la mer Jaune (entre Corée et Chine), etc.

Les méditerranées, sont séparées de l'océan par un détroit qui constitue un seuil. Elles sont plus profondément enfoncées que les mers marginales, où se situent entre un continent et un groupe d'îles. Exemple : la mer des Caraïbes, la mer Rouge, la Méditerranée eurafricaine, etc.

Les mers intérieures : sont engagées dans les terres elles ne débouchent pas sur un océan mais une autre mer par un détroit peu profond. Exemple : la mer Noire qui débouche sur la Méditerranée par le détroit de Bosphore, la mer Baltique qui s'ouvre sur la mer du Nord.

Les mers fermées : séparées complètement de l'océan : la mer Caspienne, la mer Morte, la mer d'Aral.

II – l'étude de l'océanographie

1 – Les origines de l'océanographie

L'océanographie, est l'ensemble des connaissances apprises ou à découvrir dans toutes les disciplines de la science qui ont choisi le milieu marin pour terrain particulier d'étude.

11 – Océanographie et découverte

Les premiers navigateurs qui dressèrent les cartes = premiers océanographes.

L'océanographie débutante = échange d'informations entre navigateur et scientifique

12 – Océanographie et exploration

Au début du XIX^{ème} siècle, des savants essaient de comprendre l'organisation spatiale des êtres vivants, l'évolution des espèces.

13 – Océanographie et exploitation

A partir du XX^{ème} siècle, les océans sont devenus un espace à exploiter

2 – les outils de l'océanographie

21 – les navires océanographiques

Les premiers navires d'exploration étaient souvent des bateaux de commerce. Aujourd'hui, les navires océanographiques sont construits à cet usage spécifique

22 – les sous-marins d'exploration

Actuellement, utilisation de ROV (Remote Operated Vehicle). Il s'agit d'un submersible téléguidé, sans équipage

23 – les bouées de laboratoire

- Pour des observations de longues durées, on mouille une bouée et des appareils de mesures pendant plusieurs mois sur un point fixe.
- Certains navires restent ancrés plusieurs années en pleine eau et les équipages se relaient à bord.

24 – les institutions de recherche

Les coûts des recherches sont très élevés et pris en charge par les États, ou des compagnies pétrolières privées.

3 – la révolution satellitale

De grands progrès dans la connaissance des océans ont été accomplis lorsque des satellites ont pu enregistrer des informations en continu sur l'ensemble des océans.

31 – la connaissance des températures des eaux

Se fait grâce à des images de l'océan. Le satellite mesure avec un canal spécial dit (thermique) certaines caractéristiques dépendantes de sa température.

32 – la connaissance des mouvements des eaux

Un satellite franco-américain a été lancé en 1992 pour étudier particulièrement la topographie de l'océan, et pour en déduire le tracé et la vitesse de plusieurs sortes de courants.

III – les spécialités de l'océanographie

1 – l'océanographie chimique

L'eau de mer contient de nombreux composés chimiques en solution parmi lesquels le chlorure de sodium (le sel de cuisine), et les sulfates sont particulièrement abondants. La teneur globale en tous ces éléments détermine la salinité.

Ensemble, température et salinité déterminent la densité de l'eau et contrôlent en partie sa circulation

11 – la salinité

C'est le caractère essentiel de l'eau de mer. L'océan contient en moyenne 35 grammes de sel par kilogramme d'eau de mer.

La salinité dans un océan est fonction de l'évaporation et des apports en eau douce.

111 – la salinité des eaux de surface

La salinité des océans varient peu : elle est à 90% comprise entre 34 et 35 pour mille.

En haute mer, sa valeur dans les eaux de surface varie entre 33 et 37 pour mille. Plus généralement, dans les régions proches de l'équateur, où les précipitations sont quasi permanentes, les salinités

sont voisines de 34 pour mille. L'inverse se produit sous les tropiques, où les anticyclones induisent une intense évaporation, qui se traduit en salinité par des valeurs de 36 à 37 pour mille.

112 – la salinité des fonds des océans

À partir de 4 000 m, tous les océans ont en gros la même salinité : elle varie entre 34,6 et 34,9‰.

113 – Des cas extrêmes

Mer Caspienne, Mer morte

114 – les marais salants

Les **marais salants** ou salines sont un ensemble de bassins de faible profondeur, appelés carreaux, dans lesquels est récolté le sel, obtenu par évaporation de l'eau de mer, sous l'action combinée du soleil et du vent.

115 – D'où vient le sel des mers ?

La composition de l'eau de mer est étonnamment stable. Si les concentrations de ses constituants majeurs peuvent changer, leurs proportions relatives restent partout et toujours constantes. Pourquoi ?

- D'abord parce que l'eau est perpétuellement brassée par la circulation générale des océans.
- Ensuite parce que certains sels en excès précipitent et s'incorporent aux sédiments.
- Enfin, parce que les organismes puisent sélectivement dans le stock de sels solubles, les fixent et les déposent à leurs morts au fond des océans.

Comment une solution saline si parfaitement équilibrée s'est-elle formée ?

Sur cette délicate question des origines les opinions restent partagées.

D'aucuns, reprenant et développant l'idée avancée dès 1673 par le chimiste anglais Robert Boyle, considèrent la mer comme un bassin de concentration.

Dès 1903, le chimiste suédois Svante Arrhenius a supposé que les eaux du globe étaient issues des entrailles de la terre. Grâce aux éruptions volcaniques, la vapeur d'eau ainsi que d'autres gaz aurait été libérée en surface à mesure que le magma se refroidissait. En se condensant, cette eau chargée de gaz aurait constitué des mers très acides qui auraient

acquis leur salinité de façon précoce, par dissolution des éléments superficiels de la croûte terrestre.

La théorie actuelle dit que: la masse totale des sels dissous dans l'eau de mer correspondrait à la percolation d'eau de mer dans la croûte formée au niveau des zones d'accrétion à partir des gaz et des liquides venus du manteau terrestre.

12 – des sels et des gaz dissous

121 – l'eau de mer, un mélange riche et complexe

La plupart des éléments chimiques connus sur la terre s'y trouvent, en abondance ou à l'état de traces, sous la forme de sels ou de gaz dissous.

Constituants majeurs : sels abondants et en proportion constante d'un océan à l'autre. Ils sont à 99% responsables de la salinité.

Constituants mineurs : sels présents à des concentrations extrêmement faibles, et variables dans le temps comme dans l'espace. Intervenant peu dans la salinité, ces éléments sont en revanche très impliqués dans les processus biologiques.

122 – les engrais chimiques de la mer

A l'instar des constituants majeurs, les éléments mineurs sont également dissociés sous forme d'ions dans l'eau de mer. Mais leurs concentrations sont bien moindres, toujours inférieure au milligramme par kilogramme d'eau.

Les organismes vivants sont capable de les concentrer plusieurs milliers à millions de fois avant de les rendre à l'océan à leur mort.

L'océan joue un rôle fondamental : par ses grands cycles géochimiques, il régule effet les taux d'oxygène et de gaz carbonique de notre atmosphère.

13 – la température

Le rayonnement solaire, la pluie ou le vent font monter les températures de l'océan

131 - les températures de surface

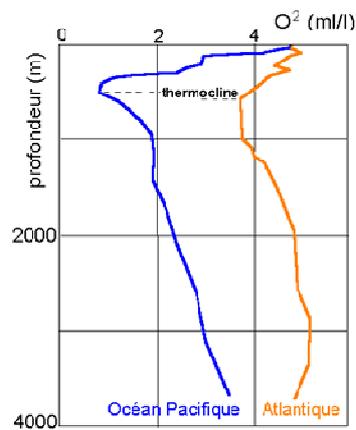
La répartition des températures en surface est sensiblement zonale

132 - les températures de fond

Au-delà de 1000 m de profondeur la température est relativement homogène. Sa valeur devient minimale vers 4000 m (environ 2°C).

133 – la thermocline

Dans les mers tropicales, surtout entre 25 et 75m, et dans les mers tempérées entre 100 et 1000 m on observe une brusque décroissance de température. Cette discontinuité s'appelle la thermocline.



134 - Les sources hydrothermales



Sont des sources d'eau chaude dans un environnement froid. Peut s'observer au fond des océans.

135 - Rapport entre l'océan et l'atmosphère

L'hiver venu, les couches superficielles vont se refroidir, et devenir plus denses. Alourdies, elles vont être entraînées vers les profondeurs dans de vastes mouvements de convection. Leur instabilité favorise alors la turbulence, qui conduit à donner à l'atmosphère un peu de sa chaleur. La baisse de température va ainsi s'accroître rapidement, en profondeur comme en surface. La mer se refroidit donc vite et bien, alors qu'elle se réchauffe lentement et mal. Ceci tient pour partie

- aux caractéristiques physiques de l'eau,
- pour une autre à la turbulence,
- mais aussi et surtout au fait que les deux tiers de la chaleur apportée par le rayonnement solaire servent à évaporer l'eau.

L'atmosphère est ainsi redevable à l'océan, qui est lui-même tributaire des caprices de l'air...

2 – l'océanographie physique

Cette discipline étudie les propriétés physiques de l'eau de mer, en particulier la lumière, la température, la densité. L'une va s'intéresser aux caractéristiques statiques : lumière, température, PH, etc. on va l'appeler océanographie physique statique.

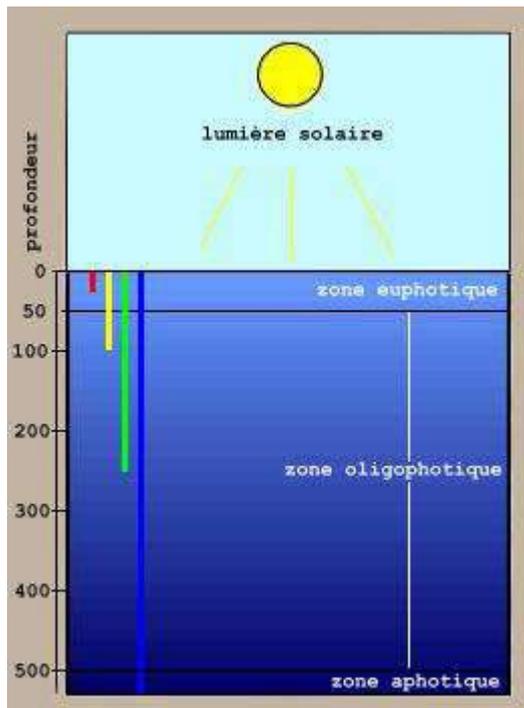
L'autre va s'intéresser aux éléments qui bougent, c'est l'océanographie dynamique.

2.1 – l'océanographie physique statique

2.1.1 – la lumière

La lumière est très importante pour la vie dans l'océan. Elle permet la photosynthèse et est à la base du cycle biologique des océans.

La pénétration de la lumière dans l'eau de mer est complexe, et est fonction de plusieurs facteurs : les facteurs externes et les facteurs internes.



Les facteurs externes, *l'altitude et l'angle d'incidence des rayons du soleil au-dessus de la mer.*

Il y a aussi *la transparence de l'atmosphère.* Si le temps est couvert, il y aura moins de rayon qui vont passer.

Il y a aussi *la latitude.* Les mers tropicales reçoivent plus de soleil que les mers tempérées ou polaires.

Les facteurs internes : il y a *l'état d'agitation de la mer.* Plus la mer est calme, plus la pénétration est facile.

Il y a la *turbidité* de la mer. Ce sont les éléments en suspension. Plus l'eau est turbide, moins elle absorbe de la lumière.

Il y a enfin la *profondeur.* A 10 m on a une pénétration de 10% de lumière reçue, à 50 m 1,5%, à 100 m 0,5%.

Si il n'y a pas de lumière, pas de végétaux.

La profondeur de compensation, c'est la profondeur à laquelle l'activité de respiration équivaut à l'activité de la photosynthèse. Donc quand la plante est dans la profondeur de compensation elle peut faire de la photosynthèse, mais en dessous, c'est impossible.

On distingue ainsi un étage photique jusqu'à 75-100 m d'épaisseur et un étage aphotique où règne une nuit totale.

212 – la densité

La densité de l'eau de mer est le poids d'un volume d'eau de mer comparée au même volume d'une même substance. La densité de l'eau de mer varie de 1,025 à 1,041. Une eau de mer très salée est plus dense ; plus elle est froide, plus elle est lourde.

Une eau très salée cherche à descendre au fond, de même qu'une eau très froide.

Importance de la densité

Les eaux ne se mélangent que lorsqu'elles ont la même densité. La densité de l'eau de mer dépend de la température, de la salinité et de la pression, de ce fait, les eaux les plus denses tendent à glisser sous les eaux chaudes ou peu salées, qui demeurent en surface. Ce phénomène permet de comprendre le mouvement des eaux marines.

À la surface des océans, la densité croît de l'équateur jusqu'aux cercles polaires pour décroître ensuite du fait de la baisse de la salinité. En profondeur, l'augmentation de la pression s'ajoute aux effets de la température et de la salinité : la densité croît rapidement. On observe une véritable stratification verticale des eaux marines. Les eaux superficielles, de 0 à 200 ou 300 m de profondeur, sont influencées par les différents climats ; elles se subdivisent en masses d'eaux équatoriales, tropicales, subtropicales, subpolaires et polaires, séparées par des fronts hydrologiques analogues aux fronts qui séparent les masses d'air. Entre 300 et 1 000 à 1 200 m de profondeur, les eaux intermédiaires présentent des caractères mixtes et variables, car elles proviennent d'un mélange entre les eaux de surface et les eaux profondes. Celles-ci occupent une tranche importante allant de 1 000 – 1 200 à 4 000 m, et elles résultent de la plongée d'eau superficielle, dans les régions de forte agitation de l'océan (par exemple aux latitudes tempérées froides) ; ces eaux conservent leurs propriétés d'origine, de sorte que l'on peut identifier, par exemple, l'eau de l'Atlantique Nord qui s'est déplacée jusque dans l'océan Indien ou le Pacifique austral. Les eaux de fond, aux températures voisines de 0 C, correspondent aux eaux très froides des mers de Weddell et de Ross dans l'Antarctique, ou des mers du Labrador et du Groenland dans les hautes latitudes boréales. Les eaux d'origine australe se propagent fort loin et se retrouvent par 40° nord dans l'Atlantique, 30° nord dans le Pacifique et dans tout l'océan Indien.

22 - l'océanographie physique dynamique

L'océanographie physique dynamique est l'étude des mouvements de l'océan (courants, houles, vagues, marée). On peut répartir les mouvements en deux catégories : la première

représente les mouvements cycliques ou périodiques (houle, vagues, marées...) La 2^{ème} catégorie, ce sont les mouvements apériodiques appelés courants.

221 – les mouvements périodiques ou cycliques

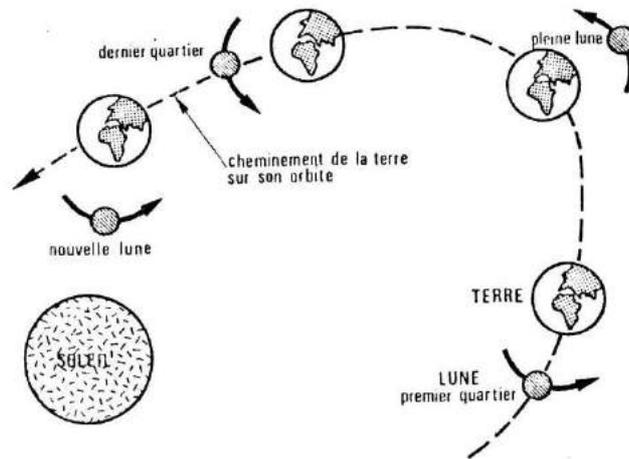
Ces mouvements comprennent ceux qui ont de longues périodes $>$ à 5 mn, exemple : la marée. Et ceux qui ont des périodes courtes $<$ à 5 mn, exemple : les vagues, la houle.

2211 – la marée (fig)

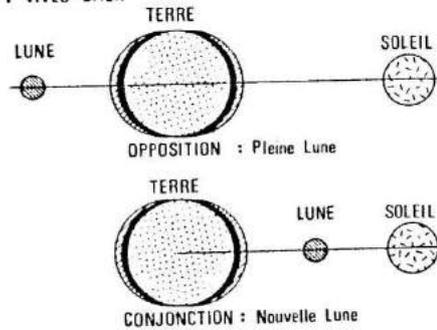
Ce sont des mouvements oscillatoires, régulier, dont la force génératrice réside dans l'attraction exercée sur l'océan par la lune et le soleil. Dans une marée, il y a une haute mer et une basse mer. La composante peut être diurne donc la périodicité est de 24h, on aura une seule marée par jour ou semi-diurne (la périodicité est de 12h, 2 marées).

On appelle **marnage**, la différence entre la marée haute et la marée basse. C'est aussi appelé amplitude de marée. Elle est mesurée par un **marégraphe**. Cette amplitude est maximale pendant les vives eaux.

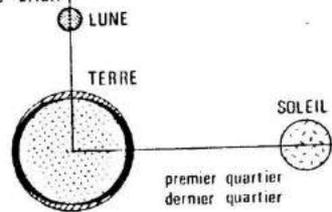
Figure 22. — Schémas explicatifs des marées



SYZYGIES : VIVES-EAUX



QUADRATURE : MORTES-EAUX



Pendant ce temps, les axes sont en conjonction ou en opposition et elle est minimale pendant les mortes eaux quand les effets du soleil et de la lune sont en quadrature (forment un angle droit, lorsque la lune est au premier $\frac{1}{4}$ ou au dernier $\frac{1}{4}$).

On appelle **flot** ou **flux** la montée des eaux.

Reflux ou **jusant** la descente des eaux.

L'étale est le niveau maximum que peut atteindre l'eau.

La marée c'est un peu comme une respiration de l'Océan... Chaque jour en un même lieu, la mer monte, puis redescend.

Vue de la côte cette oscillation est d'abord perçue comme un déplacement horizontal, en raison de l'arrivée de l'onde de marée sur les côtes. En effet, le niveau de la mer monte

avec le courant de **flot**, qui amène l'eau vers la côte, recouvrant des étendues plus ou moins grandes du rivage (la **Pleine mer = PM**) et descend avec le courant de **jusant**, dans le sens inverse, laissant les mêmes étendues à sec (la **Basse mer = BM**).

Ce sont les astres, principalement la **lune** et le **soleil**, qui engendrent les marées. Parce que la lune gravite autour de la terre et que le couple terre lune gravite autour du soleil, **les forces gravitationnelles** mises en jeu se combinent et attirent la surface déformable de l'eau "en faisant monter le niveau" de la mer en un lieu donné. Ceci crée une **onde de marée** amenant la pleine mer. Puis, la position des astres étant en perpétuel mouvement, le lieu ne se trouve plus sous l'effet maximal d'attraction et le niveau de la mer redescend à nouveau, dans ce lieu, jusqu'à la basse mer. A ce moment l'onde de marée poursuit ailleurs son trajet, entraînée par les forces gravitationnelles qui la créent.

2212 – la houle et les vagues

Lancez une pierre dans l'eau. Vous verrez sa surface se déformer et se couvrir de rides concentriques. Si vous y jetez juste après un bouchon de liège, vous pourrez constater que celui-ci se soulève et s'abaisse au rythme de ces rides, sans pour autant se déplacer à l'horizontale. C'est grossièrement l'effet qu'a le vent sur l'océan. S'il souffle pendant un temps suffisamment long, dans une même direction, et de façon assez intense, il crée un train de vagues régulières, c'est-à-dire une houle. La houle se caractérise par son **amplitude**, par sa **longueur d'onde** et par sa **période**.

On obtient la vitesse de la houle en divisant la longueur d'onde par la période.

La distinction entre houle et vague est assez délicate. En simplifiant les choses à l'extrême, on peut dire que la houle est une oscillation de profil sensiblement sinusoïdal, donc très régulière, liée à une dépression mobile, et qui se propage sur de très longues distances, c'est-à-dire essentiellement dans les grands océans. Au contraire, les vagues sont des oscillations formées sur place sous l'influence d'un vent local.



222 – les mouvements apériodiques

Sont essentiellement les courants qui rassemblent tous les mouvements acycliques de la mer dans lesquels il y a déplacement d'eau. Ils vont modifier les conditions locales des eaux.

Ces courants vont avoir un impact solide sur la biologie des espèces.

Un courant est défini par trois caractéristiques :

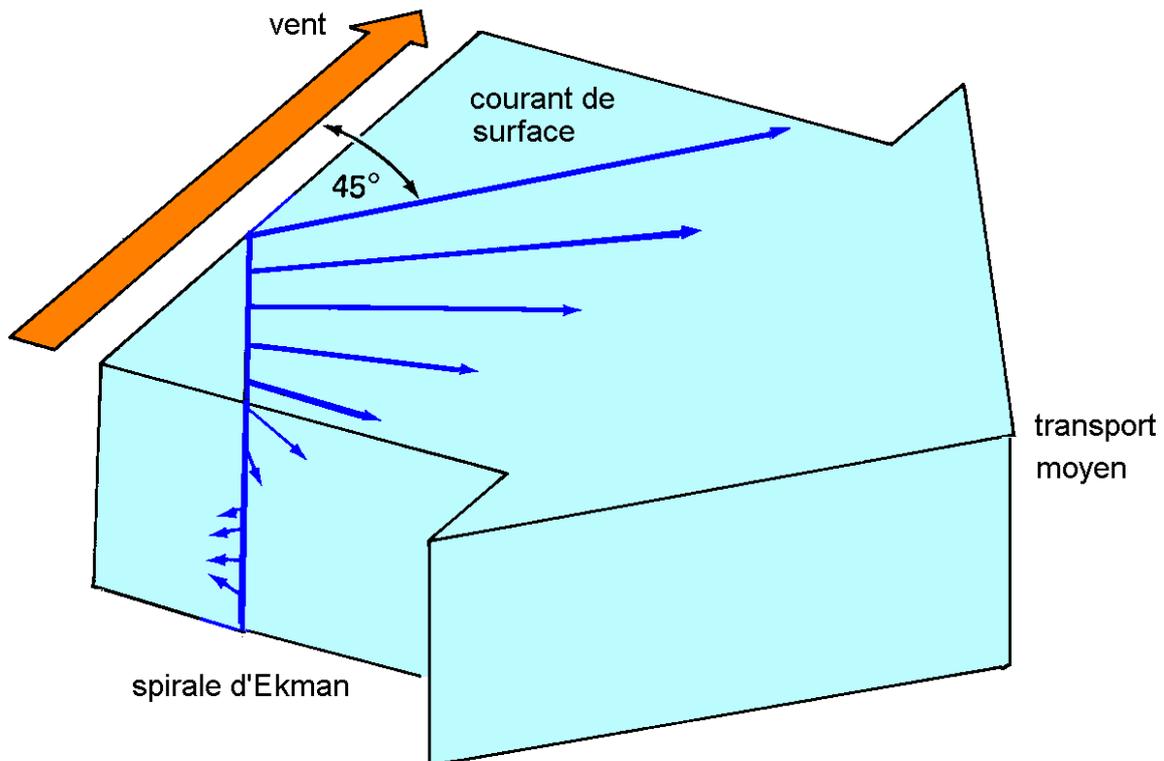
1. sa vitesse est exprimée en nœuds = 1 mille marin/heure = $1852 \text{ m/h} \approx 50 \text{ cm/s}$.
2. sa direction : c'est le sens dans lequel il va.
3. son débit est donné en m^3/s .

2221 – les causes des courants marins

Les causes sont multiples, mais on peut retenir essentiellement 2 :

1. les vents,
2. les forces thermohalines.

22211 – les courants de dérives ou courants dues aux vents

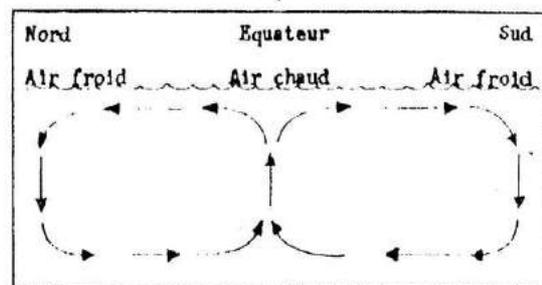
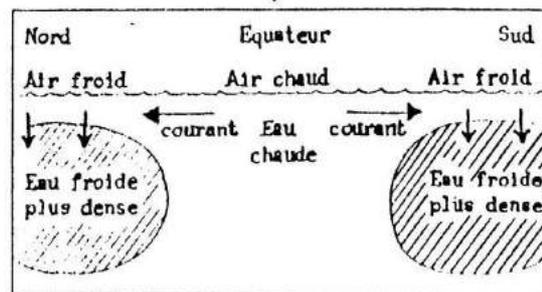
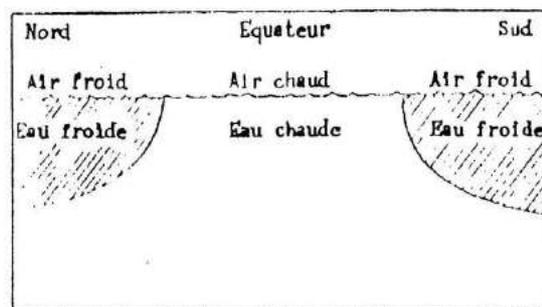


22212 – les courants de densités

Les courants sont également liés à la densité de l'eau, laquelle dépend de la température et de la salinité.

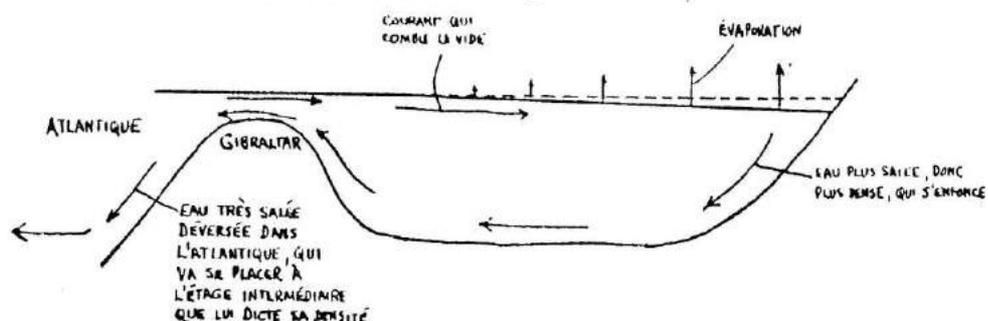
Les **forces thermohalines**, ce sont des forces qui ont leurs origines dans les inégalités de densités différentes. La densité la plus grande va vouloir plonger en dessous de celle plus légère, ce qui va engendrer un courant. Tous ces mouvements d'eau se font à l'horizontale.

Courants dus à la variation de température -



B. • Courants dus à l'augmentation de la salinité:

Exemple de la Méditerranée européenne:



Mais il en existe également selon la verticale.

22213 – Les courants verticaux

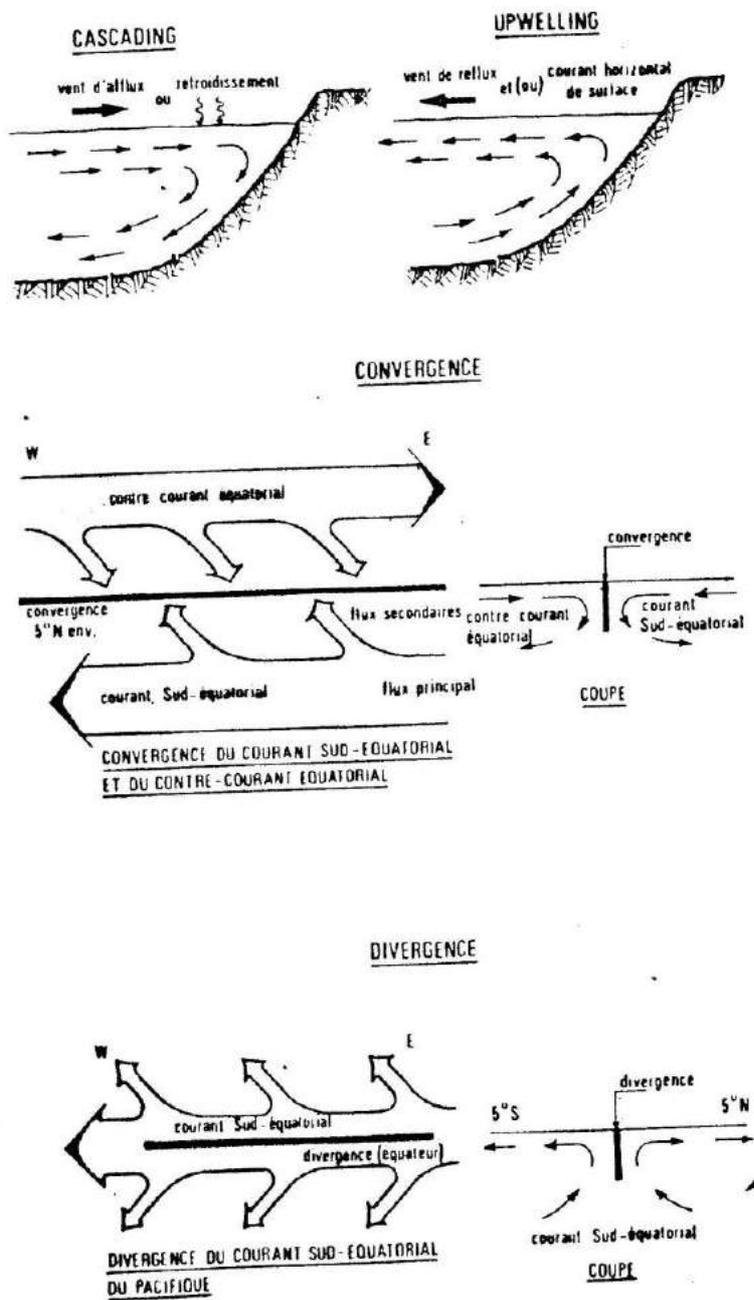
Les courants les plus importants sont les **courants verticaux**, provoqué par la différence de densité et par les vents. Lorsque le courant plonge, on l'appelle **cascading** : c'est la descente des eaux de surface dans les profondeurs. Les eaux entraînées par cascading ont riches en nitrate, phosphate et en oxygène. Le cascading est provoqué par un vent **d'afflux**, c'est un vent qui souffle du large vers la côte. Par contre un vent de **reflux** qui va souffler de la côte vers le large va provoquer un phénomène inverse appelé **upwelling**. Les vents dominants soufflant parallèlement ou presque à la côte provoquent le déplacement des couches superficielles vers le large. Pour compenser les eaux ainsi déplacées, celles du fond remontent. La lente circulation airmise en marche est désignée sous le nom d'upwelling. Il peut avoir lieu n'importe où sur l'océan. L'upwelling résulte des divergences et des convergences dans les eaux de surface puisque les eaux qui remontent viennent de l'océan, là où les isolignes de températures varient brusquement, deux masses d'eau très différentes s'affrontent. Ces régions de l'océan ont été baptisées « **zones de convergences** », la plus connue d'entre elle étant la convergence antarctique où des eaux froides et denses s'enfoncent sous d'autres eaux plus chaudes. On a aussi l'exemple de la convergence équatoriale, cela se produit à la limite entre le courant sud-équatorial et le contre-courant équatorial. L'inverse de la convergence est une **divergence** qui se traduit essentiellement par une remontée des eaux vers la surface.

En somme, les courants marins sont des masses d'eau circulant sur un tracé régulier autour des océans. Les courants sont principalement provoqués par les effets combinés des vents dominants, des différences de pressions, de la force géostrophique ou de Coriolis due à la rotation terrestre et à l'attraction gravitationnelle du soleil et de la lune (surtout dans les eaux confinés où elle peut être à l'origine des courants de marée).

Les principaux facteurs qui déclenchent les courants sont le vent et la différence de pression. Les autres servent surtout à en modifier la direction.

Les termes « froids » et « chauds » appliqués aux courants désignent la température des masses d'eau en mouvement par rapport à la température ambiante dans la zone donnée

Figure 28. — Schémas de courants verticaux

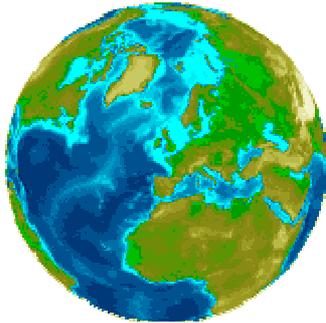


IV-Formes et dimensions des océans

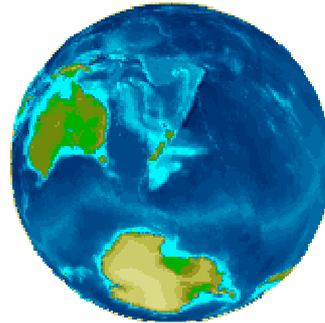
1 - Répartition des terres et des mers

La surface de la terre est occupée à 71% par des océans. La répartition des terres et des mers est inégale et singulière. Les masses terrestres sont en grande partie concentrées dans l'hémisphère nord. Hémisphère nord : 61% de mer, hémisphère sud : 81% de mer.

Hémisphère. Continental



Hémisphère maritime



Les hauteurs de la surface terrestre sont comprises entre une altitude de 8848 m (Everest) et une profondeur de 11 500 m (fosse de Mariana au Nord-Ouest de l'océan Pacifique). La profondeur moyenne des océans est d'environ 3800 m. L'altitude moyenne des terres émergées est de 840 m.

2 -les océans en chiffres

Les océans représentent :

- 361 millions de km²,
- 97 % de l'eau disponible sur terre. Au total : 1320 millions de km³ d'eau de mer + 24 millions de km³ de glace
- une **profondeur** moyenne de 3800 mètres
- 300 fois la masse de l'atmosphère, et 1200 fois sa capacité de stockage de chaleur.

3 - Structure des bassins océaniques

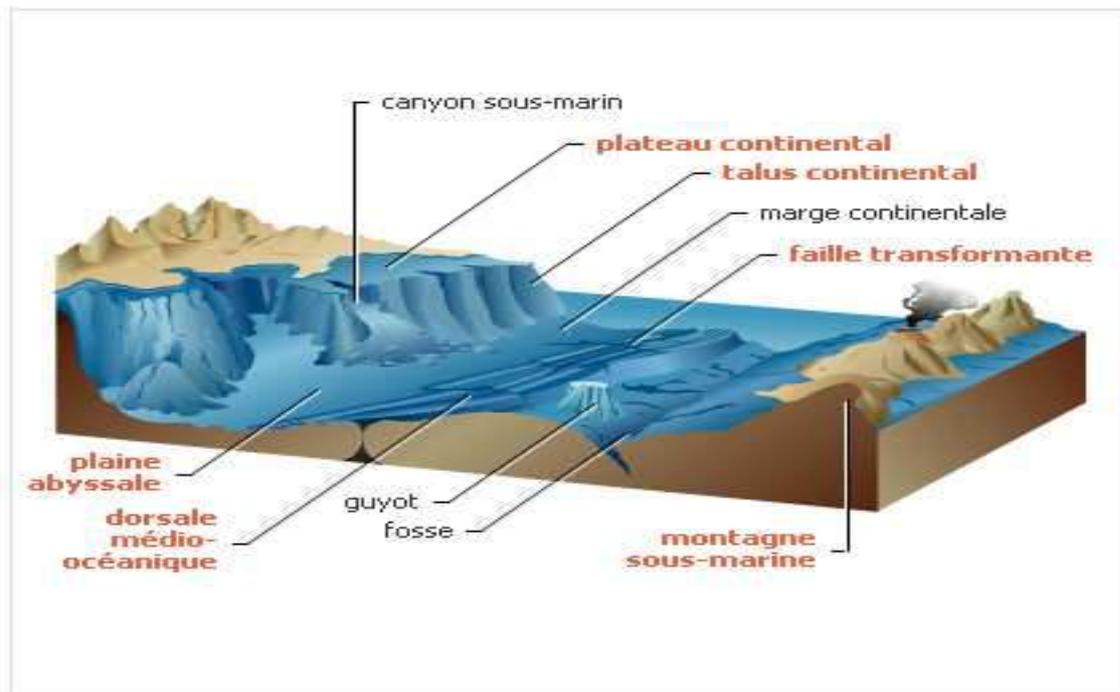
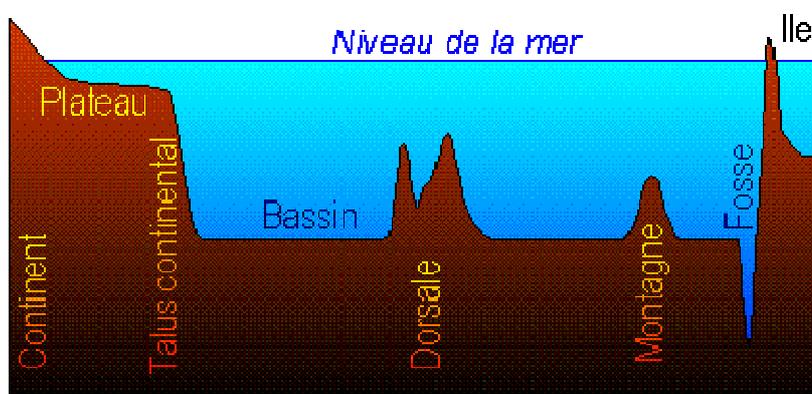


Fig. : Schéma des fonds marins



Coupe transversale de la structure des fonds océaniques

Si les mers s'asséchaient brusquement, le fond des océans présenterait une morphologie très tourmentée, avec des chaînes de montagnes, des volcans et d'immenses plaines, bordées de fosses gigantesques.

Du rivage vers le large, on trouve successivement :

- **Le plateau continental :**

Le plateau continental (profondeur inférieure à 200 m) représente environ 7 % de la surface des mers

Il borde le rivage, c'est une zone prolongeant le continent. C'est une plate-forme dont la profondeur passe insensiblement des 30 - 40 m à 250 m environ. Il est plus ou moins étendu, selon les côtes, pouvant ne représenter que quelques centaines de mètres ou atteindre plusieurs centaines de Km de large.

- **Le talus continental :**

La limite externe du plateau est marquée par une pente très importante et la profondeur descend très rapidement de 250 m à 2 500 - 3 000 m. Le long du talus continental, la pente est souvent entaillée de profonds canyons sous-marins, bordés de véritables falaises. Le talus continental marque la transition entre la croûte propre aux continents et celle des océans.

Plateau et talus représentent 10 % de la surface de la mer.

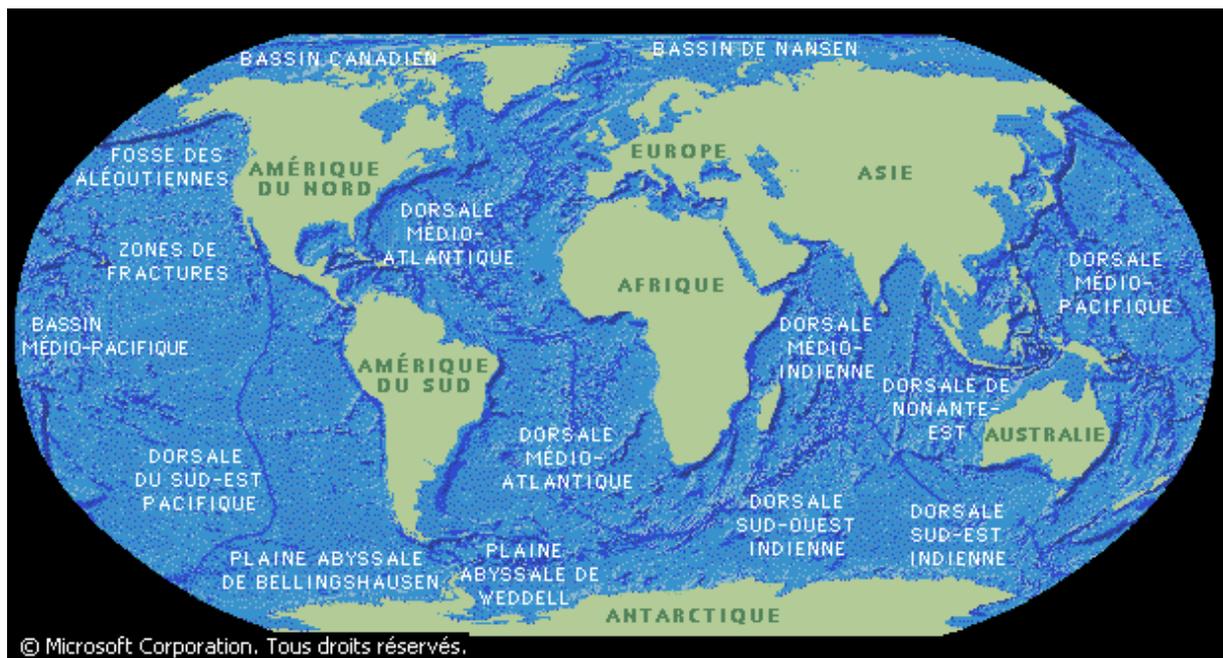
- **Les bassins océaniques :**

Au-delà du talus commencent les bassins océaniques. Ils recouvrent 57% de la surface de la mer. Ils sont formés essentiellement d'une immense plaine abyssale dont la profondeur augmente de façon presque insensible du bas de la pente vers le large, de 3 000 m environ jusqu'à 6 000 m. Mais ces grandes plaines abyssales sont perturbées par la présence :

- **de la dorsale**, une gigantesque chaîne de montagnes qui parcourt en serpentant le fond de tous les océans ; elle occupe près du tiers de la surface des fonds marins ; certains

"sommets" dépassent la surface de la mer (comme l'Islande) avec une hauteur relative de plus de 5000 m par rapport aux plaines abyssales. C'est à leur niveau que le magma provenant du manteau terrestre forme en permanence, en s'épanchant sur le fond et en refroidissant, la nouvelle croûte océanique.

- **de fosses océaniques.** Curieusement, les parties les plus profondes des bassins océaniques ne sont pas au centre des bassins, mais le long de certaines marges continentales ou de lignes d'îles formant un arc insulaire. Leur profondeur peut passer de 6 000 m à 11 000 m. Elles ne représentent que moins de 3% de la surface des océans.



Un peu plus de 2 % des fonds océaniques dépassent les 6000 mètres

Carte du relief du fond des océans

4 – Interrelation océan-atmosphère

41 – *L'océan thermostat*

411 – dans les dix premiers centimètres

L'océan est capable d'absorber dans les dix premiers cm de sa surface tous les rayons infrarouges que lui envoie le Soleil et de les transformer en chaleur.

L'océan joue donc un rôle régulateur fondamental : on pourrait le comparer à une gigantesque machine thermique qui, selon les besoins, dissipe ou accumule de la chaleur.

412 – Trois niveaux de régulation

La régulation océanique s'opère à plusieurs niveaux.

Par rayonnement infrarouge,

Par simple conduction

Il peut aussi lui céder de l'énergie sous forme de **chaleur latente** l'eau partie en vapeur ne restituera à l'air sa chaleur qu'en se **condensant** en moyenne ou haute latitude pour former des nuages.

Ces flux de chaleur se ressentent dans le temps comme dans l'espace. La chaleur stockée par l'eau au printemps et en été est libérée vers l'atmosphère en hiver : c'est ce qui explique que le climat hivernal soit plus doux près d'un océan qu'au milieu d'un continent.

413 – *Question d'équilibre*

Globalement, le bilan thermique de la terre est à peu près constant, car elle reçoit chaque année autant de chaleur qu'elle en perd. Les océans y participent pour 30 à 50%.

42 – L'océan gardien des équilibres

L'océan et son partenaire l'atmosphère interviennent de façon prépondérante sur les cycles de quatre éléments indispensables à la vie : ceux de l'eau, du carbone, de l'azote et de l'oxygène.

421 – *Un vaste réservoir d'eau*

Avec ses 1350 millions de Km cube, l'océan mondial renferme plus de 97% de l'eau de la planète, ce qui en fait de loin le plus grand réservoir. Sous le jeu de l'évaporation intense il fournit à l'atmosphère cinq fois plus d'eau que ne le font l'évaporation et la transpiration des plantes terrestres. L'atmosphère la lui rend en partie par ses précipitations. Le reste lui est restitué par l'écoulement des cours d'eau et des nappes phréatiques. Reste qu'une petite partie de l'eau (25 millions de km cube environ) est piégée sous forme de glaces.

422 – L'océan un puits à CO₂

Le CO₂ est produit par la respiration des êtres vivants, l'activité volcanique et la combustion par l'homme des énergies fossiles. Le CO₂ est en mer comme sur terre utilisé pour la photosynthèse des végétaux. Mais dans les océans, il est aussi absorbé sous une forme combinée au calcium dans les coquilles d'organismes marins, ou bien pompé en grande quantité par un échange de gaz avec l'atmosphère.

Au bilan, l'océan se comporte comme un puits à CO₂ : il en absorbe davantage qu'il n'en libère. Chaque année, près de 2 milliards de tonnes de Carbone sont ainsi soustraites à l'atmosphère. Comme l'homme y en injecte 7 milliards de tonnes par an, l'océan ne peut pas absorber cet excédent.

V- l'exploitation des océans

1 – la pêche

Les espèces marines appartiennent à trois grands groupes écologiques : le plancton, le necton, le benthos.

11 – le plancton

Le plancton désigne l'ensemble des organismes vivant appartenant aux deux règnes animal et végétal, qui sont généralement de petites tailles, ils vivent dans le domaine pélagique, et se déplacent surtout au gré des courants. Ce sont des organismes passifs.

12 – Le Necton

Le necton, c'est l'ensemble des organismes marins appartenant tous au règne animal qui vivent et nagent activement dans le pelagos :

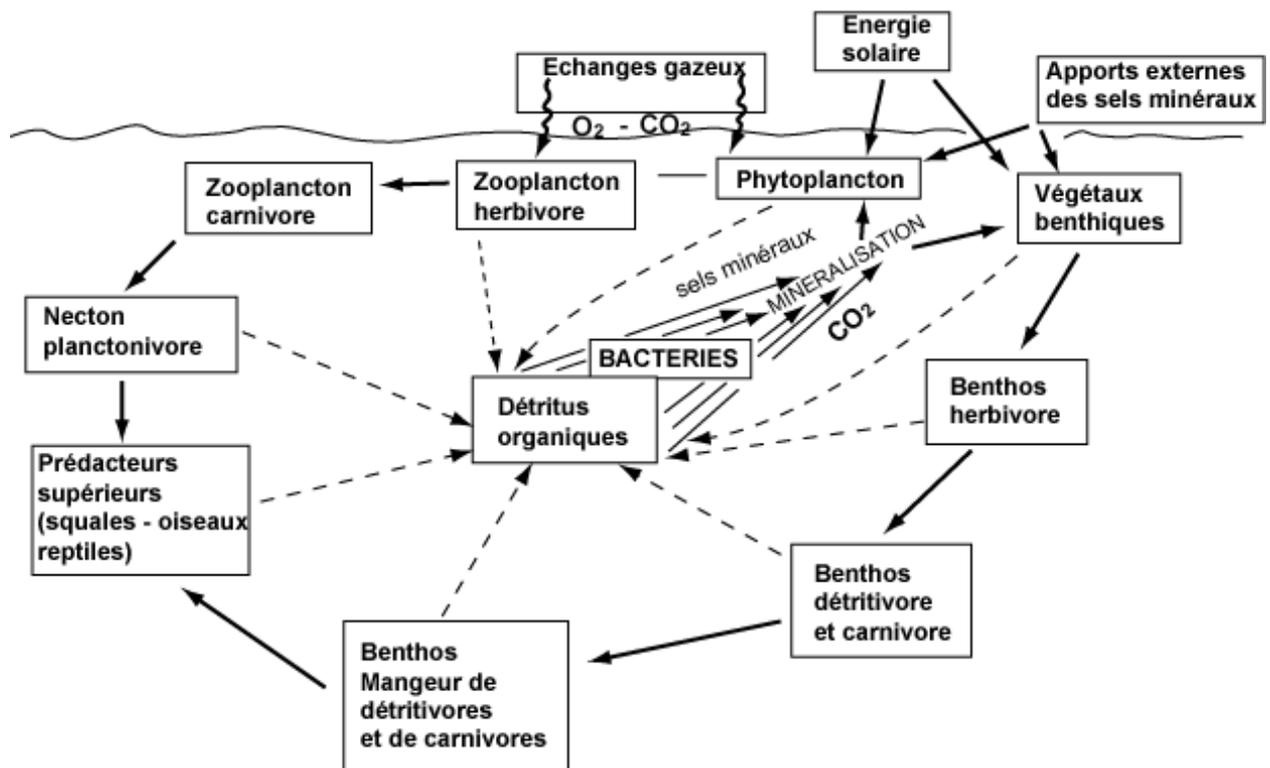
- oiseaux marins,

- reptiles (tortue, serpent...),
- mammifères (dauphin, baleine, phoques, etc.),
- poissons.
- Mollusques (animal invertébré au corps mou et généralement protégé par une coquille de calcaire.)

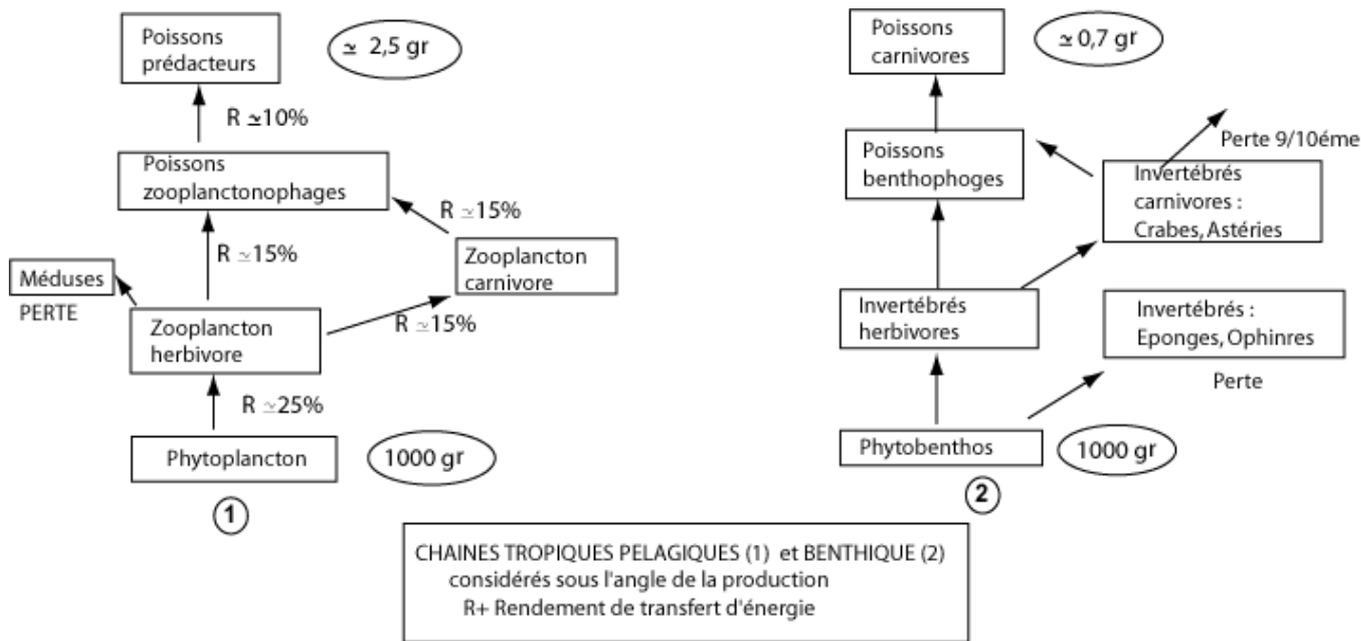
13 – le benthos

Le benthos, c'est l'ensemble des animaux et des végétaux qui vivent sur le fond ou en étroite liaison avec le fond.

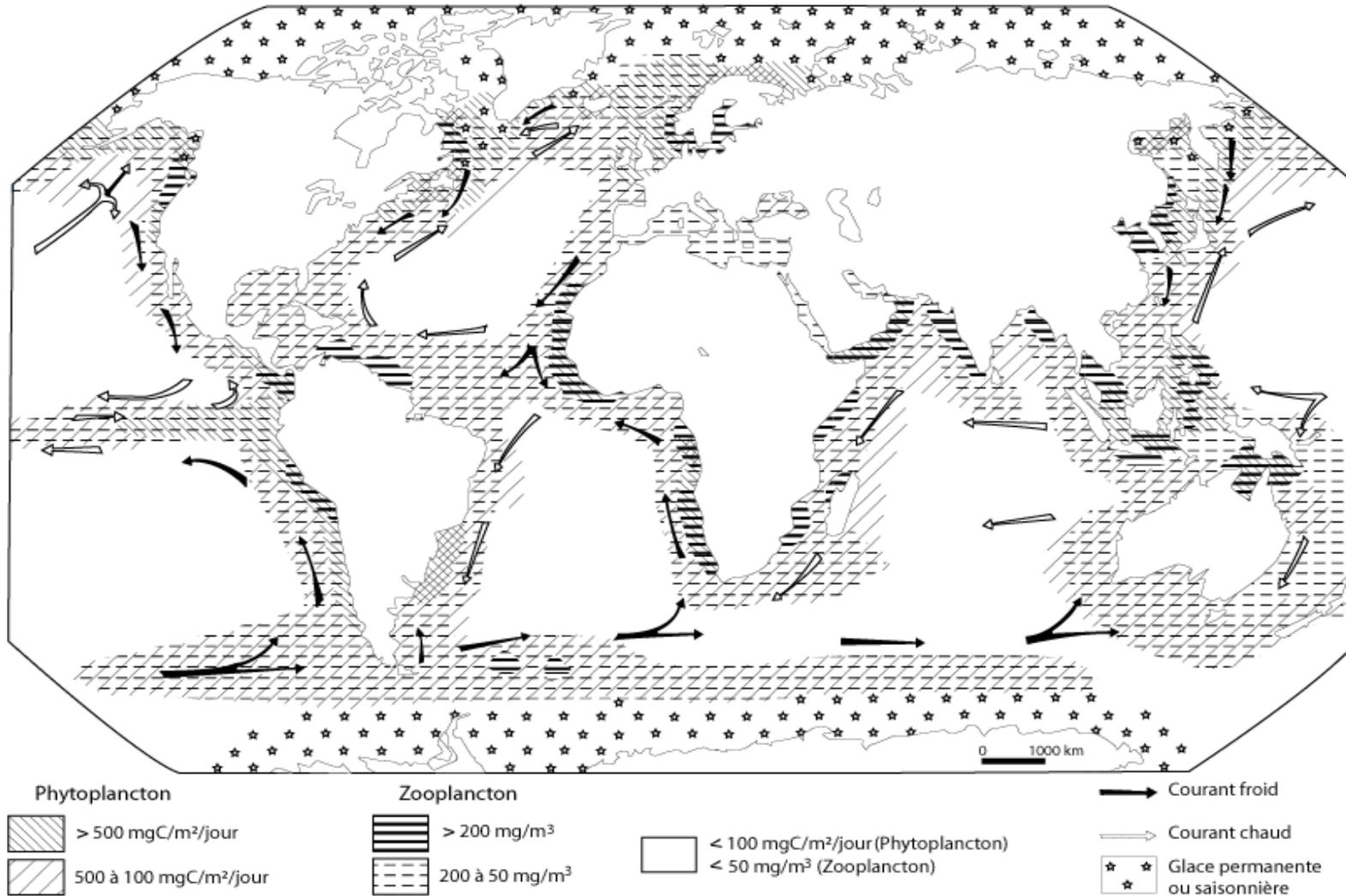
14 – la chaîne alimentaire



LE CYCLE DE LA MATIÈRE VIVANTE EN MILIEU MARIN (d'après Pérès, Ency. Univ.)



CARTE DE FERTILITE DES OCEANS



Source : D'après Atlas des ressources biologiques des mers; MOISEEV; BOGOROV

142 – l'océan milieu biologique

Les chaînes alimentaires sont plus longues en mer qu'à terre et comportent cinq ou six niveaux, depuis le phytoplancton jusqu'aux grands poissons prédateurs comme les thons. Entre chaque niveau de la chaîne, le transfert d'énergie est faible de 10 à 15%.

La fertilité de la mer déterminée par les richesses en phytoplancton est généralement élevée au-dessus des plateaux continentaux et dans les zones de fortes résurgences, où abondent la vie animale.

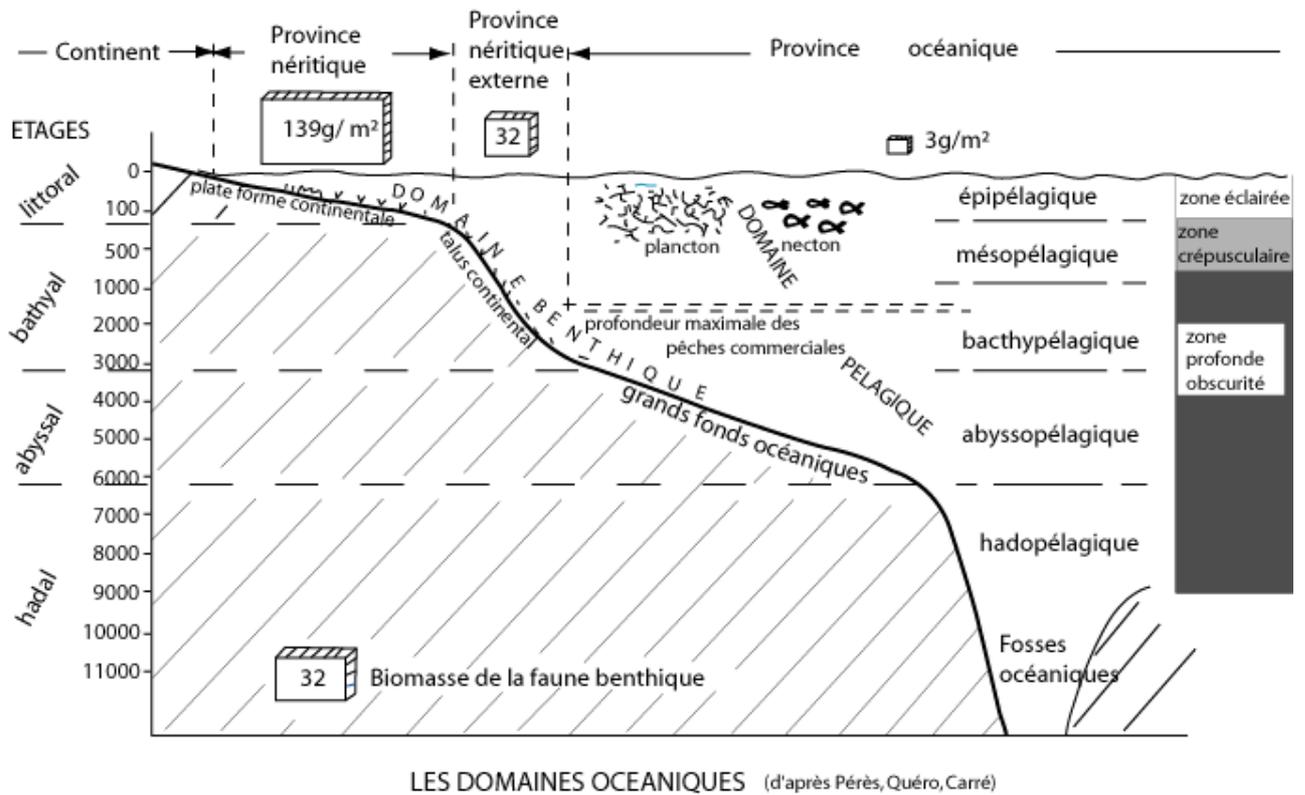
Il est possible de distinguer dans les océans un certain nombre de zones biologiques ou provinces biogéographiques.

La zone épipélagique ou photique s'étend depuis la surface jusqu'à une profondeur de 100 mètres environ soit une couche très mince par rapport à la profondeur moyenne de l'océan. La limite inférieure de la zone photique est celle en dessous de laquelle l'énergie solaire n'est plus suffisante pour permettre à la photosynthèse de se dérouler. La quasi-totalité des ressources des pêcheries mondiales se trouvent à ce niveau.

La zone mésopélagique s'étend de la limite de pénétration de la lumière jusqu'à 1000 mètres environ. Les nombreuses espèces qui l'habitent effectuent des migrations verticales journalières. La nourriture rare est amenée par le jeu des migrations ainsi que sous forme d'une « neige » de petits cadavres et de pelotes fécales. Dans un tel milieu, les deux contraintes biologiques essentielles (trouver une nourriture suffisante et éviter les autres prédateurs) ont donné lieu à de très beaux exemples de mimétismes ou de camouflage par l'utilisation des organes réfléchissants et lumineux.

La zone bathypélagique comprise entre 1000 et 2000 mètres est très peuplée. Les organes lumineux sont moins répandus bien que de nombreux poissons pêcheurs utilisent de tels dispositifs pour tromper leur proie. Des poissons noirs, des crevettes rouges et des calamars gélatineux caractérisent cet étage. Peu d'animaux migrent et de manière générale les organismes sont peu actifs ce qui témoigne de l'importance de la conservation de leur énergie.

La zone abyssopélagique commence à 2000 mètres de profondeur. La faune de pleine eau diminue encore jusqu'à 100 mètres environ au-dessus du fond où l'on assiste à un accroissement de la biomasse. Il existe cependant une communauté d'animaux pélagiques plus ou moins dépendant des espèces benthiques qui se rencontrent aussi sur le plateau continental.



15 - Les activités de pêche

151 - les zones de pêche

La pêche est une activité de prélèvement au dépens de l'hydrosphère marine ou continentale. On parle de *prélèvement* quand l'équilibre de l'écosystème est respecté et de *prédation* quand on détruit tout.

On estime que les ressources de la mer et des eaux continentales fournissent environ **16% des protéines animales** consommées dans le monde. Elle joue donc un rôle essentiel dans l'alimentation des hommes, un rôle qui devrait encore s'accroître dans les décennies à venir.

1511 - Une activité ubiquiste

La pêche peut théoriquement s'exercer partout sur les océans et jusqu'aux profondeurs où la vie animale et végétale existe encore. En ce sens on peut dire que c'est une activité ubiquiste.

1512 - La pêche, une activité qui se concentre le long des côtes

L'autonomie des bateaux aussi importante soit-elle a des limites. Même les grandes unités (senneurs et chalutiers océaniques) ont besoin de bases terrestres pour s'approvisionner en eau et en vivres.

Les secteurs de l'hydrosphère trop éloignés des bases terrestres demeurent largement inexploités même si des ressources abondantes y ont été décelées depuis longtemps. C'est le cas des mers australes.

C'est à proximité des continents, en particulier dans les eaux de la plate-forme continentale que les conditions de reproductions de la matière se trouvent le mieux réalisées. C'est à l'intérieur de la zone euphotique (qui reçoit la lumière) des domaines benthiques (fond de la mer) et pélagique (entre deux eaux) de la province néritique (eaux de la plate-forme continentale) que s'élaborent le mieux ce milieu nutritif fondamental qu'est le phytoplancton, premier maillon de la chaîne qui conduit aux animaux carnivores dont l'homme se nourrit. A l'intérieur de cette aire maritime relativement restreinte (7,6% de la surface océanique), les végétaux autotrophes (qui ont la particularité d'élaborer directement la matière vivante à partir de substances minérales disposent plus qu'ailleurs grâce aux apports terrigènes, à la turbulence des eaux, à la profusion des déchets provenant de la dégradation bactérienne de la faune et de la flore, de substances minérales (nitrates et phosphates) dont ils sont capables de faire la synthèse à partir de l'énergie solaire captées par leur pigments chlorophylliens. Outre ces capacités nutritives, la diversité des conditions physico-chimiques dévolue à ces eaux côtières (température, luminosité, salinité, teneur en oxygène dissout) permet à un plus grand nombre d'espèce de s'y rencontrer et de s'y repeupler, sans parler de la très grande diversité des substrats (roches, graviers, sables) susceptibles chacun de délimiter une aire de peuplement caractéristiques.

De ce fait, il n'y a rien d'étonnant que ce soit à l'intérieur de cette frange pré continentale, large de 150 à 200 milles nautiques pas plus, que se font l'essentiel des activités halieutiques (80 à 85%) des prises selon les statistiques. Elle s'explique par la conjugaison de facteurs à la fois biologiques (plus grande abondance des ressources), économiques (plus grande efficacité d'exploitation) et humains (marées moins longues). Une commodité qui a son revers : la vulnérabilité des ressources halieutiques aux actions prédatrices des hommes. Il se comporte comme si les ressources étaient inépuisables. D'autre part, il ne faut pas oublier que les eaux côtières, et plus particulièrement les milieux littoraux sont les plus exposés aux multiples dégradations et autres pollutions physiques et chimiques (chroniques ou accidentelles) provenant directement ou indirectement des déchets industriels et urbains, des rejets agricoles, de la destruction

sous les tropiques des récifs coralliens et des mangroves, pollutions qui ne sont pas sans effets sur le comportement et la reproduction des espèces aquatiques, sur leur croissance et leur comestibilité.

1522 - la situation mondiale des pêches et de l'aquaculture

15221 - Évaluation mondiale des pêches et de l'aquaculture

Tableau 1
Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture: production et utilisation

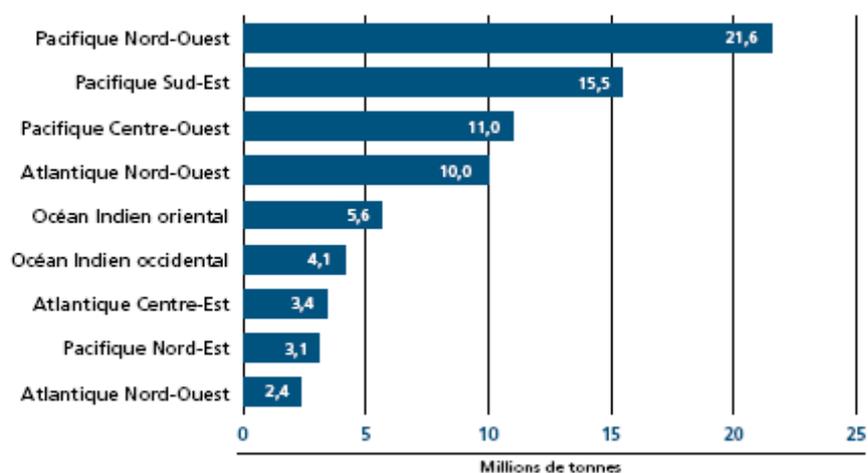
	2000	2001	2002	2003	2004	2005 ¹
<i>(millions de tonnes)</i>						
PRODUCTION						
PÊCHES CONTINENTALES						
Pêches de capture	8,8	8,9	8,8	9,0	9,2	9,6
Aquaculture	21,2	22,5	23,9	25,4	27,2	28,9
Total des pêches continentales	30,0	31,4	32,7	34,4	36,4	38,5
PÊCHES MARINES						
Pêches de capture	86,8	84,2	84,5	81,5	85,8	84,2
Aquaculture	14,3	15,4	16,5	17,3	18,3	18,9
Total des pêches marines	101,1	99,6	101,0	98,8	104,1	103,1
TOTAL DES PÊCHES DE CAPTURE	95,6	93,1	93,3	90,5	95,0	93,8
TOTAL DE L'AQUACULTURE	35,5	37,9	40,4	42,7	45,5	47,8
TOTAL MONDIAL DES PÊCHES	131,1	131,0	133,7	133,2	140,5	141,6
UTILISATION						
Consommation humaine	96,9	99,7	100,2	102,7	105,6	107,2
Utilisation à des fins non alimentaires	34,2	31,3	33,5	30,5	34,8	34,4
Population (<i>milliards</i>)	6,1	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5
Approvisionnements en poissons de consommation par habitant (<i>kg</i>)	16,0	16,2	16,1	16,3	16,6	16,6

Note: Ces données n'incluent pas les plantes aquatiques.

¹ Estimation préliminaire.

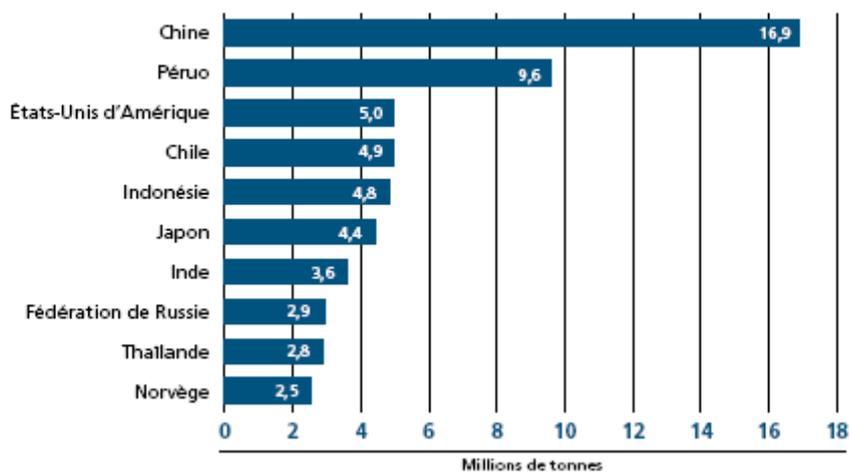
15222-Production des pêches de captures dans les grandes zones de pêche

Pêches de capture: production par grandes zones de pêches marines en 2004



Note: Les zones de pêche mentionnées sont celles dont la production en quantité a été supérieure ou égale à 2 millions de tonnes en 2004.

Pêches de capture marines et continentales: 10 principaux pays producteurs en 2004



16 – L'Aquaculture

Production aquacole (10 principaux producteurs de poisson destiné à l'alimentation): volume et croissance émergeante.

Producteurs	2002	2004	Taux de croissance annuel moyen (%) (2002-04)
	(Millions)		
Dix principaux producteurs: quantité, 2002-04			
Chine	27 707 251	30 814 968	5,0
Inde	2 107 188	2 472 325	6,2
Viet Nam	202 041	1 188 817	33,6
Thaïlande	854 567	1 172 868	10,8
Indonésie	814 671	1 045 051	6,9
Bangladesh	786 604	814 752	2,8
Japon	828 715	778 421	-6,1
Chili	545 625	674 978	11,2
Norvège	550 268	637 800	7,7
États-Unis d'Amérique	497 246	688 548	10,4
Sous-total: 10 nouveaux producteurs			
Répub. mexicaine	4 659 828	5 252 825	7,2
Totaux	40 282 478	45 489 298	6,1
Dix principaux producteurs: croissance, 2002-04			
Myanmar	190 128	480 260	45,1
Viet Nam	202 041	1 188 817	33,6
Turquie	81 165	84 810	24,0
Pays-Bas	54 442	78 825	30,4
République de Corée	298 788	485 748	16,9
Iran (Rép. islamique d')	76 817	184 288	18,5
Égypte	378 288	471 525	11,9
Chili	545 625	674 978	11,2
Thaïlande	854 567	1 172 868	10,8
États-Unis d'Amérique	497 246	688 548	10,4

Notes: Ces données n'incluent pas les plantes aquatiques. Le taux de croissance annuel moyen est calculé de 2002-04.

Les océans et les mers du globe sont très fréquentés pour le commerce et la pêche. Même si la capture à l'échelle mondiale stagne depuis près de vingt ans et si plusieurs pêcheries sont menacées, les eaux de l'ouest du pacifique et celles de l'océan indien restent prolifiques. Parallèlement, l'aquaculture se développe à grande vitesse, en particulier dans les pays d'Asie. De plus, l'océan compte beaucoup d'autres ressources : du sable et des graviers, du pétrole, du sel, des métaux précieux...

2 – les ressources énergétiques

Les tentatives de domestication par l'homme des énergies de l'océan concernent l'énergie des marées, l'énergie des houles et des vagues, l'énergie thermique.

L'énergie des marées a été utilisée depuis des temps reculés, là où l'amplitude de celles-ci est suffisante. Le principe, extrêmement simple, consiste à laisser s'emplier, pendant la

pleine mer, un bassin dont l'écoulement, à basse mer, actionne une roue à aubes. L'usine marémotrice de la Rance, avec ses groupes bulbes, est un exemple d'utilisation moderne de l'énergie tirée des marées pour obtenir de l'énergie électrique.

L'énergie des vagues frappant la côte a retenu aussi l'attention malgré son caractère discontinu. De fortes vagues peuvent représenter des pressions de l'ordre de 7 kg/cm^2 et des vitesses d'impact dépassant 200 km/h . En fait, les divers essais pour capter l'énergie des vagues, qu'on peut classer parmi les énergies « sauvages », n'ont jamais donné lieu qu'à des installations modestes, et celles-ci ont toujours été plus ou moins rapidement détruites par la corrosion et par les excès mêmes des forces qu'elles prétendaient domestiquer.

L'énergie thermique enfin, dont le principe d'utilisation avait été énoncé par E. d'Arsonval, a été l'objet d'essais, entre les deux guerres mondiales, de Georges Claude et Paul Boucherot. L'idée maîtresse consiste à faire fonctionner une machine thermique en utilisant comme source chaude l'eau à 25 ou 28°C des couches superficielles des mers intertropicales, et, comme source froide, de l'eau à 5 ou 7°C prise en profondeur. Compte tenu des progrès de la technologie et de l'existence de matériaux nouveaux résistant à la corrosion, il n'est pas impossible que ce principe réserve quelques possibilités d'avenir.

3 – les ressources minérales

31 – les placers

Les placers sont des accumulations de minéraux lourds provenant d'une roche mère voisine détruite par des processus d'érosion mécanique. Ces minéraux peuvent rester sur le lieu de leur production ou être transportés et concentrés principalement par la fraction sableuse dans le cours des rivières ou des plages. Les placers les plus importants et les plus connus contiennent les minéraux suivants : or, platine, étain, titane, fer, tungstène, chrome, etc.

Les placers les plus connus du pacifique sont les sables à titanes de l'Australie, les dépôts d'étain en Malaisie et en Indonésie, et ceux de fer sur les plages du Japon.



32 – Les nodules polymétalliques

Les nodules d'oxydes de fer et de manganèse suscitent le plus vif intérêt, non seulement pour le manganèse lui-même mais en raison de la présence simultanée d'autres métaux : nickel, cuivre, cobalt, etc. Ces nodules sont abondants en surface et aussi, semble-t-il, jusqu'à quelques mètres de profondeur, principalement sur l'argile rouge des grands fonds, sédiment qui n'existe guère qu'au-delà de 4 000 m de profondeur, et surtout dans l'océan Pacifique dont il couvre plus de la moitié de la surface totale.

33 – le pétrole et le gaz off-shore

L'industrie pétrolière off-shore est le résultat le plus impressionnant de l'exploitation minière en milieu marin, et elle se situe à l'avant-poste de la technologie pour l'exploitation de tous les minerais sous-marins. Les premières recherches ont été effectuées au large des côtes de Californie et dans le lac de Maracaibo au Venezuela, encouragée par la

présence d'indice naturelle ; cette industrie est née dans ces zones et dans le golfe du Mexique, sous la poussée du principal pays consommateur de pétrole : les États-Unis. Les installations en mer jusque-là très coûteuses devinrent alors compétitives après le premier choc pétrolier des années 1970. La recherche pétrolière off-shore s'étendit aux États-Unis et en Europe occidentale. La mer du nord devint alors la principale zone d'essor de la technologie en mer faisant passer au second plan l'effort pour le développement dans l'arctique nord-américain. La promesse de richesse pour les industries off-shore est devenue décisive avec l'apparition des ZEE.

L'offshore pétrolier constitue actuellement la plus importante application des engins sous-marins intervenant à grande profondeur. 3000 m est devenue une profondeur "classique" pour les outils de reconnaissance en mer. Et, on s'en rapproche en forage et production.

34 – le dessalement de L'eau,

Pratiquement marginale en 1960, la production a dépassé, au début des années 2000, 15 millions de mètres cubes par jour. L'accroissement annuel de la capacité de dessalement reste de l'ordre de 7 %. De telles installations existent dans plus de 120 pays, la moitié étant concentrée au Proche-Orient, au Moyen-Orient et aux États-Unis. Compte tenu de son coût encore relativement élevé, l'utilisation de cette filière reste limitée aux pays industrialisés, même si elle commence à se développer depuis le début du xxi^e siècle dans les pays du Maghreb.

4 – les transports maritimes

La concurrence des compagnies aériennes a limité le transport des passagers, mais pas celui des marchandises. Dépense modérée d'énergie, grand volume et équipage réduit sont les atouts des navires.

Aujourd'hui, les paquebots naviguent surtout pour la croisière et transportent près de 10 millions de voyageurs par an. Les océans sont très fréquentés en revanche pour le commerce et 5 milliards de tonnes de marchandises transitent chaque année. La flotte mondiale comporte environ 90.000 navires de fret et emploie près de 1,2 million de personnes.

41 - la conteneurisation



42 - le RO-RO



5 - Pollution

La pollution des milieux océaniques est certainement un des aspects les plus dramatiques de l'altération de l'environnement, non seulement en raison de l'importance de la superficie couverte par les océans, mais aussi parce que, en définitive, les polluants émis sur les terres émergées, comme dans l'atmosphère, finissent tôt ou tard par atteindre l'océan, par la voie des fleuves et du ruissellement pour les premiers, par simple chute (aidée ou non par les pluies) pour les seconds. Il faut aussi tenir compte que l'océan a longtemps été considéré, en raison même de son immensité, comme la « poubelle » de la planète.

Conclusion

Recouvrant plus des trois quart de la surface de notre planète, les océans ont une influence considérable sur les équilibres naturels et sur le climat. Des équilibres aujourd'hui menacés par les activités humaines (pollution, surpêche, modifications du climat).

Tout à la fois vecteur de communication, source de nourriture et fournisseur de matière première et d'énergie, l'océan constitue plus que jamais un enjeu crucial pour l'humanité.

A partir d'informations fournies par les satellites ou recueillies par des bouées disséminées dans l'océan, il sera bientôt possible de prévoir les courants, la houle et les vagues de la même façon que l'on établit des bulletins météo.