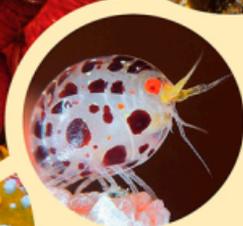


Invertébrés marins

Milieux de vie et diversité

Avec
120 photos
couleur



Patrick Scaps

ellipses

Chapitre 1

Le milieu marin

Il n'est pas question ici d'écrire un traité d'océanographie générale. Il existe des ouvrages beaucoup plus spécialisés qui abordent ce sujet. Les lecteurs intéressés pourront se référer au livre de Patrick Geistdoerfer publié en 2002 (voir bibliographie générale). Par contre, il convient, après une présentation générale de l'Océan mondial, d'examiner les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer (salinité, température, etc.) ainsi que les mouvements de l'océan (vagues, houle, marées, courants) car ils contrôlent dans une large mesure la façon de vivre des organismes marins ainsi que leur répartition dans l'Océan mondial.

Nous aborderons ensuite l'étude des différents milieux du domaine marin (domaines pélagique et benthique) dans lesquels vont évoluer les invertébrés marins. La fin de ce chapitre sera consacrée à l'étude de la biodiversité marine.

I. L'Océan mondial

La Terre est l'unique planète dans le système solaire qui possède de l'eau à l'état liquide du fait des conditions physico-chimiques exceptionnelles qui siègent à sa surface. Mais, ce qu'il y a de plus inimaginable avec l'Océan mondial c'est son immensité. En effet, il s'étend sur plus de 360 millions de kilomètres carrés, soit plus de 70% de la surface de notre planète. Cette masse représente 97% de l'eau libre, le reste étant constitué par les eaux douces continentales et les glaces polaires. L'immense volume des eaux océaniques totalise 1 370 millions de kilomètres cubiques et constitue un seul immense Océan mondial dont la répartition est assez inégale, l'hémisphère sud étant à forte dominance océanique (40% de terres dans l'hémisphère nord contre uniquement 20 % dans l'hémisphère Sud). Près de 90% de la surface couverte par les océans se situe à une profondeur supérieure à 1 000 m ; la profondeur moyenne étant estimée à 3 800 m alors que l'altitude moyenne des continents ne dépasse pas 850 m. Le fond des océans présente des reliefs très marqués avec des pitons, des chaînes de montagnes et des fosses dont la plus profonde, celle des Mariannes dans le Pacifique Ouest tropical, atteint 11 000 m de profondeur. Dans ces conditions on devrait plutôt parler de planète Océan et non de Terre afin de désigner notre planète bleue.

L'Océan mondial est conventionnellement divisé en 4 bassins océaniques majeurs : les océans Atlantique, Pacifique, Indien et Arctique. L'océan Pacifique est l'océan le plus grand et le plus profond étant presque aussi grand que les 3 autres réunis. L'océan Atlantique est légèrement plus grand que l'océan Indien mais les deux sont semblables en ce qui concerne la profondeur. L'océan Arctique est le plus petit et le moins profond (Tab. 1).

Océan	Superficie (millions de km ²)	Profondeur moyenne (m)
Pacifique	166,2	4 188
Atlantique	86,5	3 736
Indien	73,4	3 872
Arctique	9,5	1 330

Tableau 1. Profondeurs moyennes et superficie des 4 bassins océaniques majeurs.

Comme ces bassins communiquent largement les uns avec les autres il n'y a qu'un unique océan, l'Océan mondial. Les communications assurent les échanges d'eau de mer et d'organismes marins d'un bassin océanique à un autre. Les mers sont situées à la périphérie des 4 océans et sont détachées d'eux par le dessin des rivages.

II. Caractères généraux

En comparaison avec le milieu terrestre et le milieu aquatique dulcicole, le milieu marin est relativement uniforme. De l'oxygène est souvent disponible et la salinité dans les océans ouverts est généralement comprise entre 34 et 36 (voir infra 1.1.1) selon la latitude. La température et la lumière varient fortement néanmoins en fonction de la profondeur. Ainsi la vie n'est pas distribuée uniformément dans les océans.

1. Facteurs abiotiques

1.1. Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer

Les deux propriétés physico-chimiques de l'eau de mer les plus importantes sont la salinité et la température car de nombreux invertébrés marins (notamment les stades larvaires et juvéniles) sont très sensibles à ces deux facteurs.

La salinité

L'eau de mer est une solution saline aqueuse concentrée. Les sels contenus dans l'eau de mer proviennent des émanations hydrothermales des grands fonds et du lessivage de la surface des continents. La teneur en sel de l'eau de mer ou salinité correspond à la masse de sels par kilogramme d'eau de mer. Elle s'exprime en psu (practical salinity unit), nombre sans dimension, aucun symbole n'est porté derrière la valeur de salinité. La salinité moyenne de l'Océan mondial est de 34,72. Certaines mers sont plus ou moins salées que d'autres ainsi la salinité de la mer Baltique est comprise entre 3,5 et 10 tandis que celle de la mer Rouge varie de 40 à 41. Les sels sont essentiellement présents dans l'eau de mer sous forme d'ions. Si la salinité est variable d'un lieu à l'autre de l'Océan mondial, en revanche la proportion relative des différents ions pour une eau du large est sensiblement constante (loi de Dittmar, 1885). Ainsi la composition de l'eau de mer est de 55 % de chlore (Cl⁻), 30,6 % de sodium (Na⁺), 7,7 % de sulfates (SO₄⁻), 3,7 % de magnésium (Mg⁺⁺), 1,2 % de calcium (Ca⁺⁺), 1,1 % de potassium (K⁺) et 0,41 % de bicarbonate (HCO₃⁻) pour les ions principaux. Pour les organismes marins cette constante de la composition de l'eau de mer aura pour conséquence qu'il leur sera beaucoup plus facile de réguler leur balance hydrique.

La salinité de surface est en général comprise entre 33 et 40 (Fig. 1). Elle varie essentiellement en fonction de l'évaporation et des précipitations. Ainsi ce sont les régions subtropicales qui ont les eaux de surface les plus salées alors que celles localisées au niveau de l'équateur ou vers les hautes latitudes ont des salinités de surface plus faible. Les variations annuelles de salinité sont faibles hormis au niveau des mers polaires riches en glace.

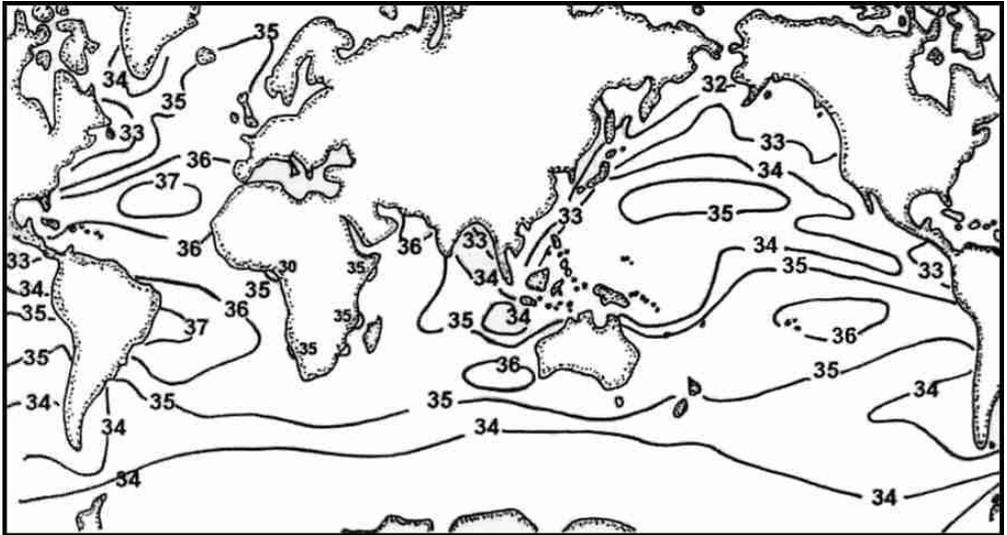


Fig. 1. Variation des salinités de surface dans l'Océan mondial (redessiné d'après Geistdoerfer, 2002).

C'est la circulation océanique qui va dicter la distribution des salinités en profondeur. Au-delà de 2 000 m de profondeur, la salinité se stabilise à 34,7.

La présence de sels va influencer différents paramètres physiques. Ainsi, la densité, la conductivité électrique, l'absorption et la vitesse de propagation des sons augmentent avec la salinité tandis que la température du point de congélation et celle de densité maximale de l'eau de mer diminuent avec la salinité.

Les sels contenus dans l'eau de mer (Mg^{++} , Ca^{++} , HCO_3^- et $Si(OH)_4$) sont des composants importants du squelette de nombreux invertébrés marins. De plus, la composition chimique des liquides corporels des invertébrés marins est très proche de celle de l'eau de mer ce qui atteste de l'importance vitale de cette composition.

Parmi les autres composants de l'eau de mer il faut retenir les éléments nutritifs ou nutriments (silicates, nitrates, nitrites, ammonium, phosphates) qui ne se rencontrent jamais à fortes concentrations, les gaz dissous (azote, oxygène, argon et gaz carbonique) et les éléments traces ou oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse, etc.) présents en quantités infimes mais indispensables pour la vie. Les composants organiques de l'eau de mer proviennent de la destruction des organismes vivants ou de leurs rejets et sont présents sous la forme particulaire (de teneur très variable) ou dissoute (1 à 2 mg/l d'eau de mer).

Le pH

Le pH de l'eau de mer est légèrement alcalin (pH compris entre 8,0 et 8,4 pour les eaux de surface). Il augmente avec la salinité et diminue avec la température et la pression. Le dioxyde de carbone (CO_2) dissous dans l'eau de mer se combine

avec l'eau pour produire de l'acide carbonique (H_2CO_3) qui va se dissocier pour former des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-) et des ions carbonates (CO_3^{2-}) et libérer des ions hydrogènes (H^+). Il s'établit un état d'équilibre dans l'eau de mer (système des carbonates) entre ces différentes formes ce qui confère à l'eau de mer un pouvoir tampon élevé.



Dans la zone aphotique le pH diminue. En effet, dans cette zone la teneur en oxygène décroît du fait de la respiration des organismes et de l'absence de photosynthèse tandis que celle en dioxyde de carbone augmente. Quand presque la totalité de l'oxygène a été consommée le pH peut atteindre 7,5.

La température

La température moyenne de l'Océan mondial est de l'ordre de $3,8^\circ C$. La température de la couche d'eau superficielle (température moyenne comprise entre 10 et $20^\circ C$) tend à varier en fonction de la latitude. Dans les régions polaires elle peut descendre jusqu'à $-1,86^\circ C$, alors qu'elle peut atteindre $35^\circ C$ dans certaines régions tropicales (mer Rouge et golfe Persique). La température des eaux de surface est en moyenne plus importante dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud (Fig. 2). La forme des bassins et le régime des courants de surface peuvent néanmoins altérer la régularité de la répartition latitudinale. Ainsi, à latitudes égales, les températures relevées au niveau des eaux de surface baignant les côtes d'Europe occidentale sont beaucoup plus élevées que celles des côtes atlantiques canadiennes en raison de la dérive nord-atlantique et de la forme des bassins.

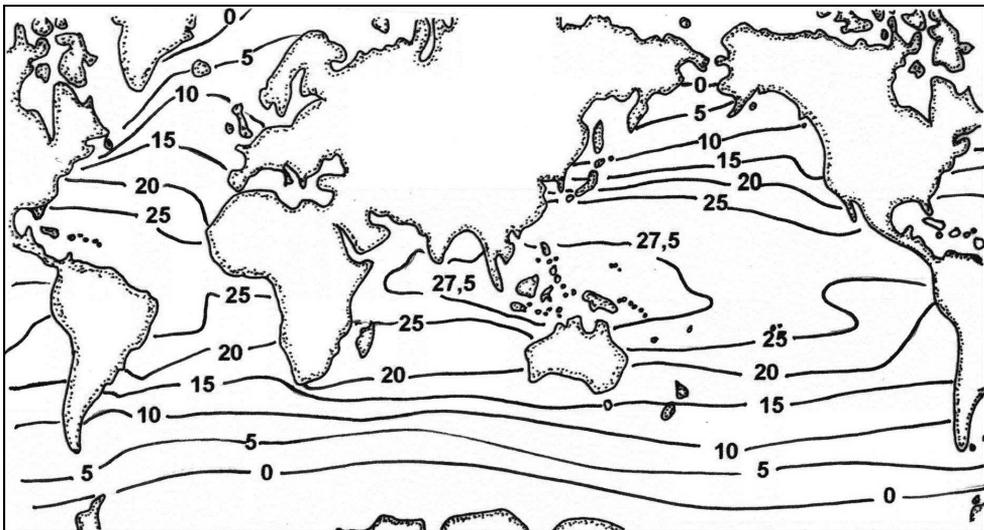


Fig. 2. Variation des températures des eaux de surface dans l'Océan mondial (redessiné d'après Geistdoerfer, 2002).

La température des eaux de surface subit des fluctuations saisonnières ; les écarts sont plus faibles aux hautes latitudes qu'aux latitudes moyennes (8 à 9°C) et sont minimums au niveau des régions équatoriales (environ 1°C).

Aux latitudes inférieures à 50°, la température de l'eau de mer diminue rapidement avec la profondeur. La couche d'eau superficielle ou couche de mélange, d'épaisseur comprise entre quelques dizaines de mètres et 200 m (ou plus), est une zone de mélanges et d'échanges thermiques avec l'atmosphère. Sous cette mince pellicule d'eau, on trouve une couche de transition de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, la thermocline permanente, dont la température décroît rapidement (la température moyenne passe de 10 - 20°C à 5°C). Enfin, on trouve aux plus grandes profondeurs une couche profonde d'eaux froides dont la température se stabilise aux environs de 2°C au-delà de 1 000 mètres de profondeur (Fig. 3). Ce sont ces eaux profondes froides qui sont à l'origine de la faible température moyenne de l'Océan mondial constitué d'une mince lentille d'eau chaude surmontant un énorme volume d'eau froide.

Aux latitudes moyennes il apparaît au printemps, lorsque la température de l'atmosphère augmente, une thermocline saisonnière dans la couche d'eau superficielle ; cette dernière disparaît progressivement à partir de l'automne avec la baisse des températures et l'agitation des eaux due au mauvais temps (Fig. 3).

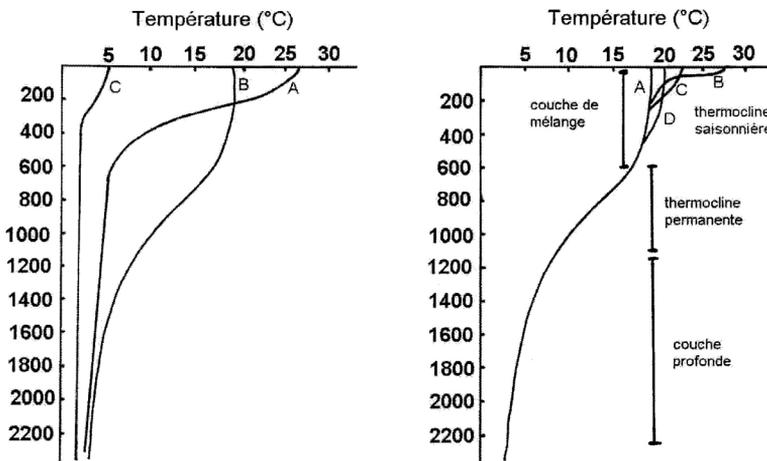


Fig. 3. A gauche, évolution de la température de l'eau de mer en fonction de la profondeur et dans l'espace. A, région tropicale ; B, région tempérée ; C, région polaire. A droite, thermoclines permanente et saisonnière dans la zone centrale de l'océan Atlantique. A, en avril ; B, en août ; C, en décembre ; D, en février (d'après diverses sources).

Aux latitudes supérieures à 50°, la température peut être identique sur toute l'épaisseur de la colonne d'eau car la couche correspondante à la thermocline permanente atteint la surface. En Méditerranée la température des eaux profondes demeure élevée (de l'ordre de 13°C) car les eaux froides provenant de l'Atlantique n'y pénètrent pas à cause de la faible profondeur du seuil de Gibraltar (quelques centaines de mètres).

La température affecte la densité de l'eau de mer. Comme la température dans l'océan fluctue plus fortement que la salinité c'est elle qui va contrôler principalement la densité de l'eau de mer.

La température va fortement influencer la vie des invertébrés marins. Certaines espèces présentes dans les lagunes côtières tropicales ou sur les parois des cheminées hydrothermales (voir après) peuvent survivre à des températures aussi élevées que 40°C. A l'opposé certaines espèces vivant à proximité des pôles ou aux grandes profondeurs tolèrent des températures très basses voisines de 0°C. Cependant la plupart des invertébrés marins vivent entre 0 et 30°C. C'est la température qui va dicter la distribution géographique de très nombreuses espèces d'invertébrés marins.

Autres propriétés physiques

La pression hydrostatique augmente d'une atmosphère (soit 1013,25 hectopascals ou 1 bar) tous les 10 mètres. Elle est donc supérieure à 1 100 bars (soit 1,1 tonne par cm²) dans les fosses les plus profondes (fosse des Mariannes 11 000 m dans le Pacifique occidental). La plupart des organismes marins peuvent tolérer les variations de pression qui accompagnent les changements modérés de profondeur et certains peuvent même vivre dans l'environnement hyperbare des grands fonds marins du fait que leur corps est principalement constitué d'eau.

L'eau de mer est peu transparente au rayonnement solaire. Elle joue le rôle de filtre sélectif en absorbant les différentes radiations du spectre lumineux, en fonction de leur longueur d'onde. Les rayonnements infrarouge et ultraviolet sont très rapidement absorbés. Lorsque la profondeur augmente, on note la disparition progressive des radiations rouges (elles sont bloquées en quelques mètres), oranges, violettes, jaunes, vertes et bleues. La coloration dominante des océans est le bleu car ce sont les radiations bleues qui pénètrent le plus profondément dans l'eau de mer (elles atteignent plusieurs centaines de mètres de profondeur).

Seule la tranche d'eau superficielle des océans laisse pénétrer la lumière solaire, elle constitue la zone euphotique. La profondeur de cette zone varie de quelques dizaines de mètres (eaux côtières turbides) à quelques centaines de mètres (eaux du grand large) en fonction de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, des régions et de la quantité de particules en suspension. Lorsque la profondeur atteint 500 à 600 mètres, on pénètre dans le noir absolu, la zone aphotique.

La densité de l'eau de mer dépend de la salinité, de la température et de la pression. Les eaux de températures différentes ne se mélangent pas, les plus denses tendent à passer sous les moins denses. Les eaux profondes donc denses ne se forment que dans les hautes latitudes parce que la température est basse favorisant ainsi l'augmentation de la densité.

1.2. L'océan en mouvement

Les eaux de l'Océan ne sont jamais au repos, elles sont en mouvements perpétuels. Les courants, les vagues et les marées déplacent et mélangent les eaux océaniques et ont tous une grande incidence sur les organismes marins.

1.2.1. La circulation océanique

Un grand nombre de forces agissent sur la surface des eaux et génèrent des mouvements horizontaux des particules d'eau, les courants marins.

La circulation superficielle

De grands courants de surface parcourent les océans, ce sont des courants de dérive permanents. L'ensemble de ces courants constitue la circulation superficielle. Les vents dominants génèrent les courants de surface, qui affectent les couches d'eaux superficielles de l'océan (limitées au plus à quelques centaines de mètres de profondeur). Ils entraînent par frottement les couches superficielles de l'océan mais comme la terre tourne sur elle-même ce mouvement de rotation dévie les particules d'eau vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud. Cette déviation est connue sous le nom de force de Coriolis. Le vent pousse une mince couche d'eau qui est déviée de 45° vers la droite dans l'hémisphère nord et de 45° vers la gauche dans l'hémisphère sud. La couche d'eau supérieure pousse sur la couche d'eau inférieure qui subit à son tour la déviation de Coriolis ; de ce fait elle est déviée dans une direction différente légèrement plus à droite dans l'hémisphère nord et légèrement plus à gauche dans l'hémisphère sud. La couche d'eau inférieure se déplace légèrement plus lentement que la couche d'eau supérieure. Ce processus se poursuit sur toute l'épaisseur de la colonne d'eau qui subit l'influence du vent, chaque couche inférieure étant poussée par la couche supérieure (Fig. 4). Il en résulte que l'eau se déplace selon une spirale que l'on appelle spirale d'Ekman nommée d'après l'océanographe suédois qui l'a découverte. L'effet du vent diminuant avec la profondeur, les couches inférieures se déplacent de plus en plus lentement jusqu'à ce que ce que l'effet ne se fasse plus ressentir. La partie supérieure de la colonne d'eau qui est affectée par le vent est nommée couche d'Ekman. Pris dans son ensemble, la couche d'Ekman se déplace perpendiculairement à la direction du vent. Ce processus est appelé transport d'Ekman.

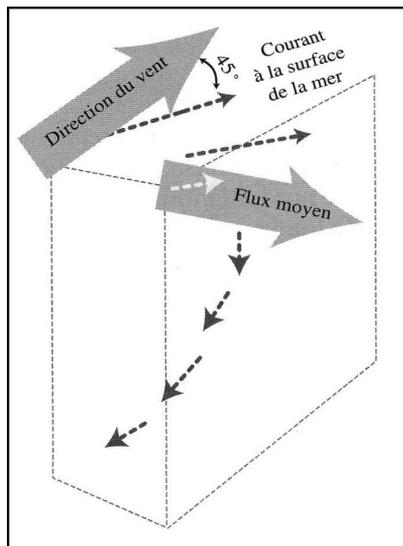


Fig. 4. Transport d'Ekman tel qu'il a lieu dans l'hémisphère nord. Le vent dominant dévie de 45° vers la droite la couche d'eau supérieure. Chaque couche d'eau inférieure est déviée légèrement plus à droite avec une vitesse de plus en plus faible. Pris dans son ensemble, la partie de la colonne d'eau affectée par le vent se déplace perpendiculairement à la direction de ce dernier (redessiné d'après Geistdoerfer, 2005).

Sous l'influence des vents dominants et de la déviation de Coriolis, les courants de surface s'organisent sous la forme de vastes mouvements circulatoires appelés gyres s'effectuant dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord et dans le sens contraire dans l'hémisphère sud (Fig. 5). Les courants océaniques agissent comme un thermostat en réchauffant les pôles et en refroidissant les tropiques. En effet, les courants chauds proviennent de la partie ouest des gyres et transportent de la chaleur depuis l'équateur vers les hautes latitudes ; alors que les courants froids sont de direction opposée. Le rôle de ces courants superficiels dans le transport de chaleur se reflète dans les températures des eaux de surface. Ainsi, cette dernière est plus élevée dans la partie occidentale des océans et plus faible dans la partie orientale (Fig. 2).

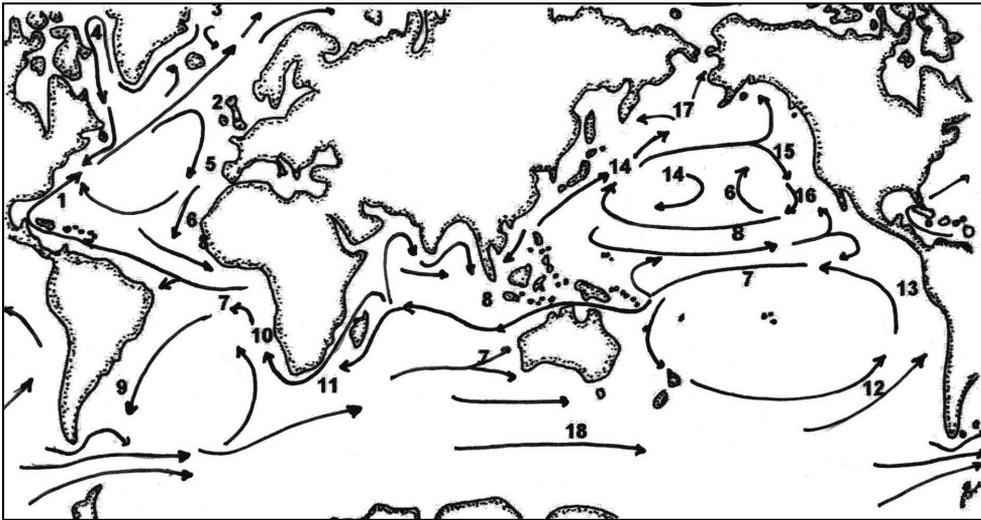


Fig. 5. La circulation générale superficielle. 1, Gulf Stream ; 2, dérive nord-atlantique ; 3, courant du Groenland ; 4, courant du Labrador ; 5, courant des Canaries ; 6, courant nord-équatorial ; 7, courant sud-équatorial ; 8, contre-courant équatorial ; 9, courant du Brésil ; 10, courant de Benguela ; 11, courant des Aiguilles ; 12, courant de Humboldt ; 13, courant du Pérou ; 14, Kouro-Shivo et dérive nord-pacifique ; 15, courant d'Alaska ; 16, courant de Californie ; 17, Oyashio ; 18, courant circumpolaire antarctique ou grande dérive des vents d'ouest (redessiné d'après Geistdoerfer, 2002).

Les courants représentés au niveau de la figure 5 correspondent à des courants moyens observés sur une période de temps longue et sur de grandes distances. A un instant donné et à un endroit donné ces courants peuvent prendre des directions différentes (selon la saison ou la météorologie). La circulation superficielle est également affectée par la forme des bassins, le tracé des côtes et la présence d'obstacles tels que les îles.

Les courants marins sont très importants pour les invertébrés marins. Ce sont eux qui assurent la distribution des animaux marins. En effet, ils règlent la répartition des invertébrés marins pélagiques et benthiques en transportant soit les stades adultes (invertébrés pélagiques) soit les stades larvaires (invertébrés benthiques) vers les zones où elles se fixeront. Ils assurent également le développement de nombreuses espèces fixées au régime microphage (éponges, cnidaires, bryozoaires,