



[ocean-climate.org](http://ocean-climate.org)

LES INTERACTIONS ENTRE  
L'OCÉAN ET LE CLIMAT

6 fiches d'information



ocean-climate.org

## LE RÔLE DE L'OCÉAN DANS LE CLIMAT

*Océan vivant, planète vivante*

L'OCÉAN, THERMOSTAT DE LA PLANÈTE.....	P.3
L'OCÉAN, ORIGINE DE LA VIE.....	P.5
DE L'OCÉAN AU NUAGE.....	P.7

Infographies : Xavier Bougeard et Elsa Godet

Avec le soutien de :





## L'OCÉAN, THERMOSTAT DE LA PLANÈTE (1/2)

*Un océan, ça pompe énormément!*

L'océan échange en permanence avec l'atmosphère. Il stocke et redistribue d'énormes quantités de chaleur autour du globe par l'intermédiaire des courants marins. L'océan joue ainsi un rôle déterminant pour le climat mondial. Mais ce rôle régulateur est perturbé par le réchauffement planétaire consécutif à l'effet de serre.

Les cinq océans: Atlantique, Pacifique, Indien, Arctique et Austral, communiquent tous entre eux. Ils constituent l'océan global. Cette immense masse d'eau influence le climat en absorbant l'énergie solaire et en libérant de la chaleur. En effet l'océan dispose d'une énorme capacité thermique. Il se réchauffe et se refroidit très lentement et peut stocker une quantité de chaleur environ mille fois supérieure à celle de l'atmosphère. Puis l'océan restitue cette chaleur à l'atmosphère sur des périodes parfois de plusieurs siècles.

Les courants marins redistribuent l'énergie thermique absorbée. La circulation océanique est contrôlée par les vents de surface, par la rotation de la terre et par certaines propriétés de l'océan telles que la température et la salinité. Des masses d'eaux chaudes transportent en surface la chaleur accumulée dans les tropiques, vers les pôles, en réduisant ainsi les écarts de température. C'est par exemple le rôle du Gulf Stream. Des courants froids circulant en profondeur font le trajet inverse. Cette circulation globale contribue, à la manière d'un « tapis roulant », à la redistribution de la chaleur à l'échelle de la planète, en échange permanent avec l'atmosphère.

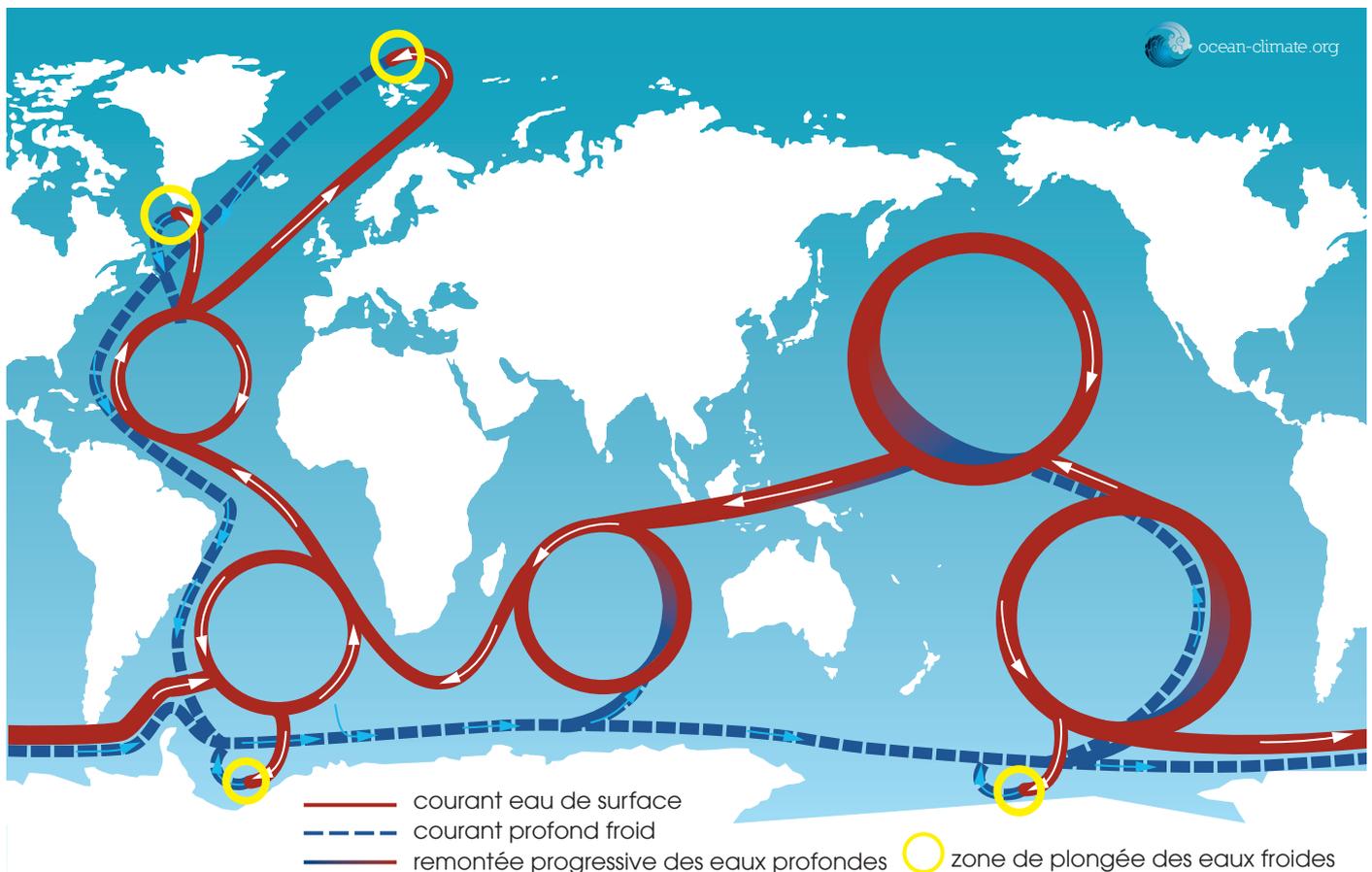
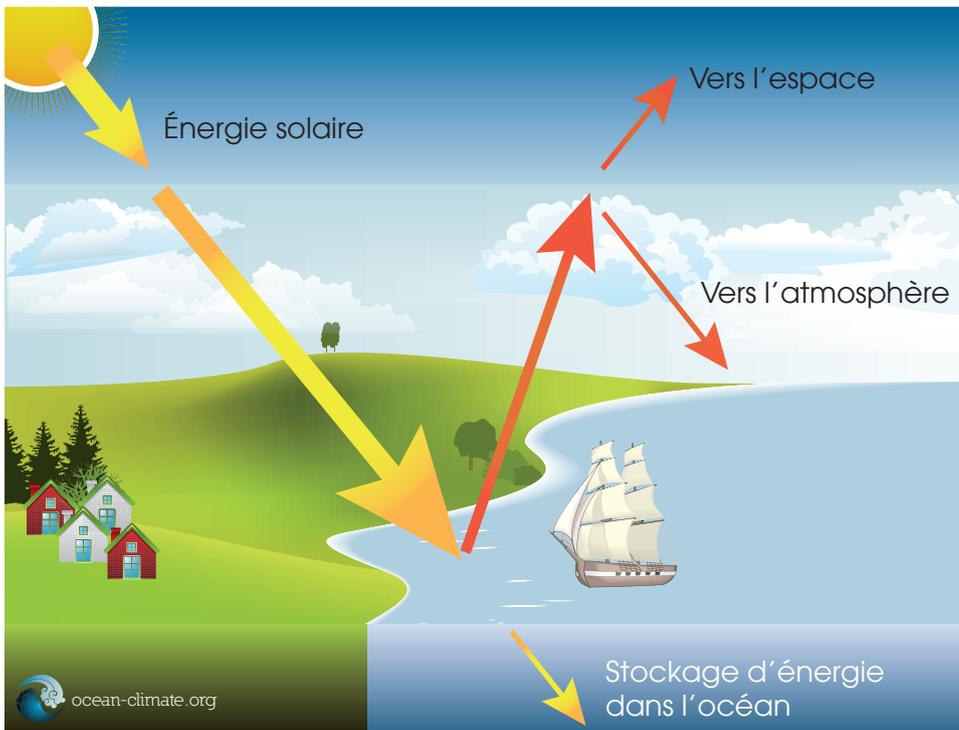


Schéma simplifié de la circulation océanique globale

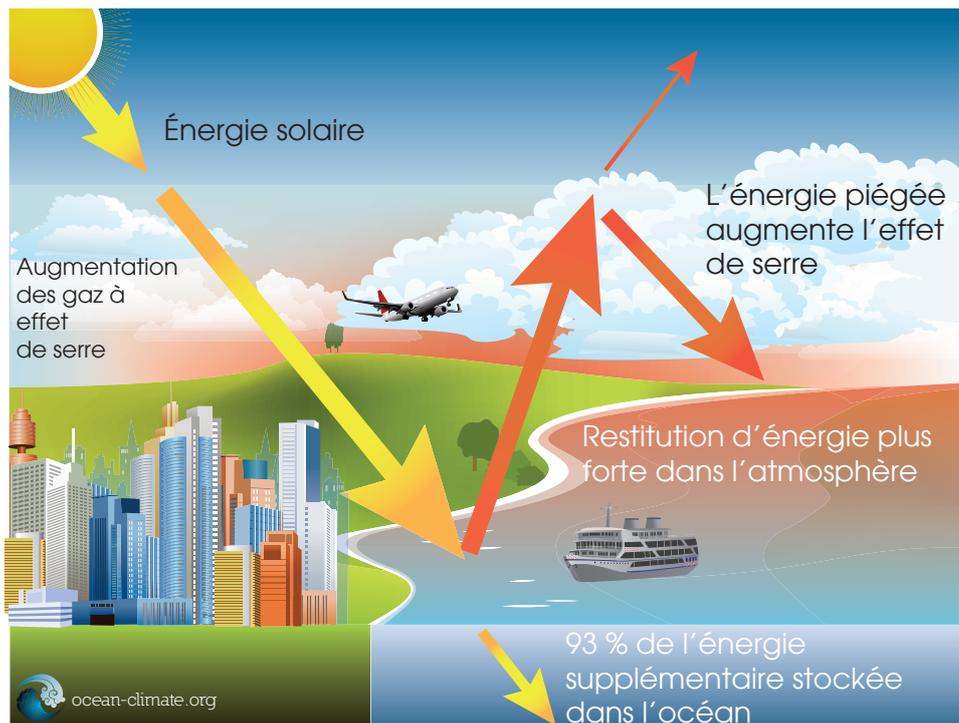


# L'OCÉAN, THERMOSTAT DE LA PLANÈTE (2/2)

## AVANT LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL



## SITUATION ACTUELLE



Augmentation de l'effet de serre

L'excès de chaleur généré par les activités humaines, via l'effet de serre, est absorbé à 93 % par l'océan, qui atténue l'augmentation de la température dans l'atmosphère. Cette absorption de chaleur induit un léger réchauffement de l'océan. Celui-ci est sensible au moins jusqu'à sept cents mètres de profondeur. Ce réchauffement atteint désormais les grands fonds dans les régions polaires et se propage vers tous les bassins océaniques. Etant donné le volume de l'océan, cela représente une gigantesque quantité de chaleur! Et même si les émissions de gaz à effet de serre s'interrompaient aujourd'hui, les effets liés à cette augmentation de température de l'océan se poursuivraient pendant des décennies.

L'océan global joue donc un rôle de régulation et de contrôle des grands équilibres naturels planétaires. Il modère les variations du climat. D'ailleurs, celles-ci seraient beaucoup plus rapides, plus intenses aussi, si elles n'étaient déterminées que par l'atmosphère.

L'augmentation de chaleur liée aux activités humaines affecte l'ensemble de la mécanique thermique planétaire, océan compris, l'océan et l'atmosphère interagissant l'un sur l'autre de façon permanente.



## L'OCÉAN, ORIGINE DE LA VIE (1/2)

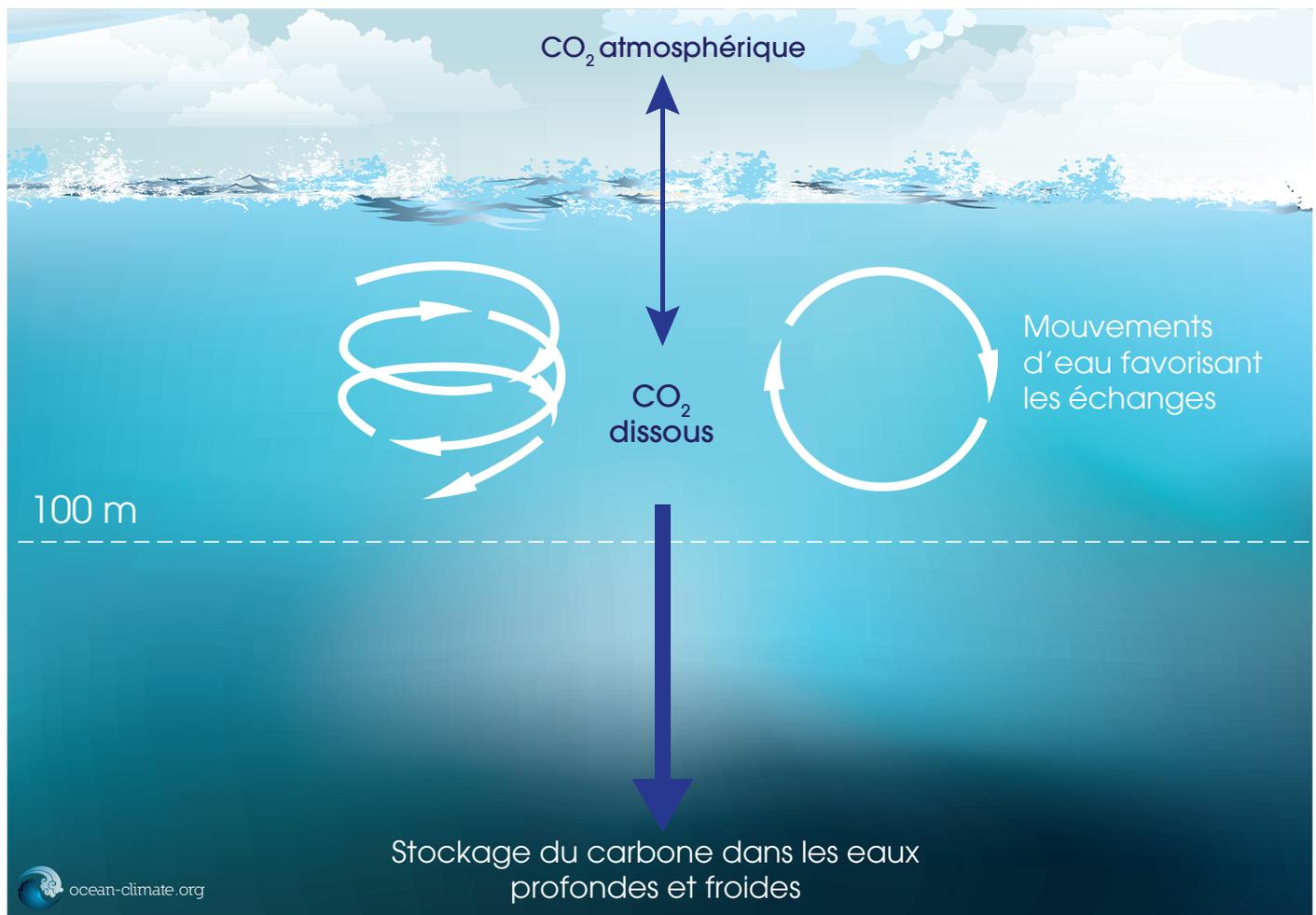
*Tant qu'il y aura du plancton!*

L'océan abrite un peuple invisible à l'œil nu: il s'agit du plancton, composé d'organismes microscopiques qui dérivent dans l'océan au gré des courants. Il représente plus de 95 % de la biomasse marine et comprend une diversité remarquable: virus, bactéries, micro-algues, cellules reproductrices, larves de poissons, micro-crustacés, etc.

Une partie du plancton, le plancton végétal ou micro-algues, se comporte comme les plantes vertes: grâce à la photosynthèse, il absorbe du dioxyde de carbone et produit plus de 50 % de l'oxygène de l'air que nous respirons.

Deux mécanismes principaux transfèrent le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) de l'atmosphère vers l'océan. Le phénomène le plus important est physique: environ neuf dixièmes du dioxyde de carbone de

l'atmosphère sont transmis à l'océan par simple dissolution du gaz dans l'eau de mer et sont transportés vers les fonds au gré des courants marins.



Pompe à carbone physique

## L'OCÉAN, ORIGINE DE LA VIE (2/2)

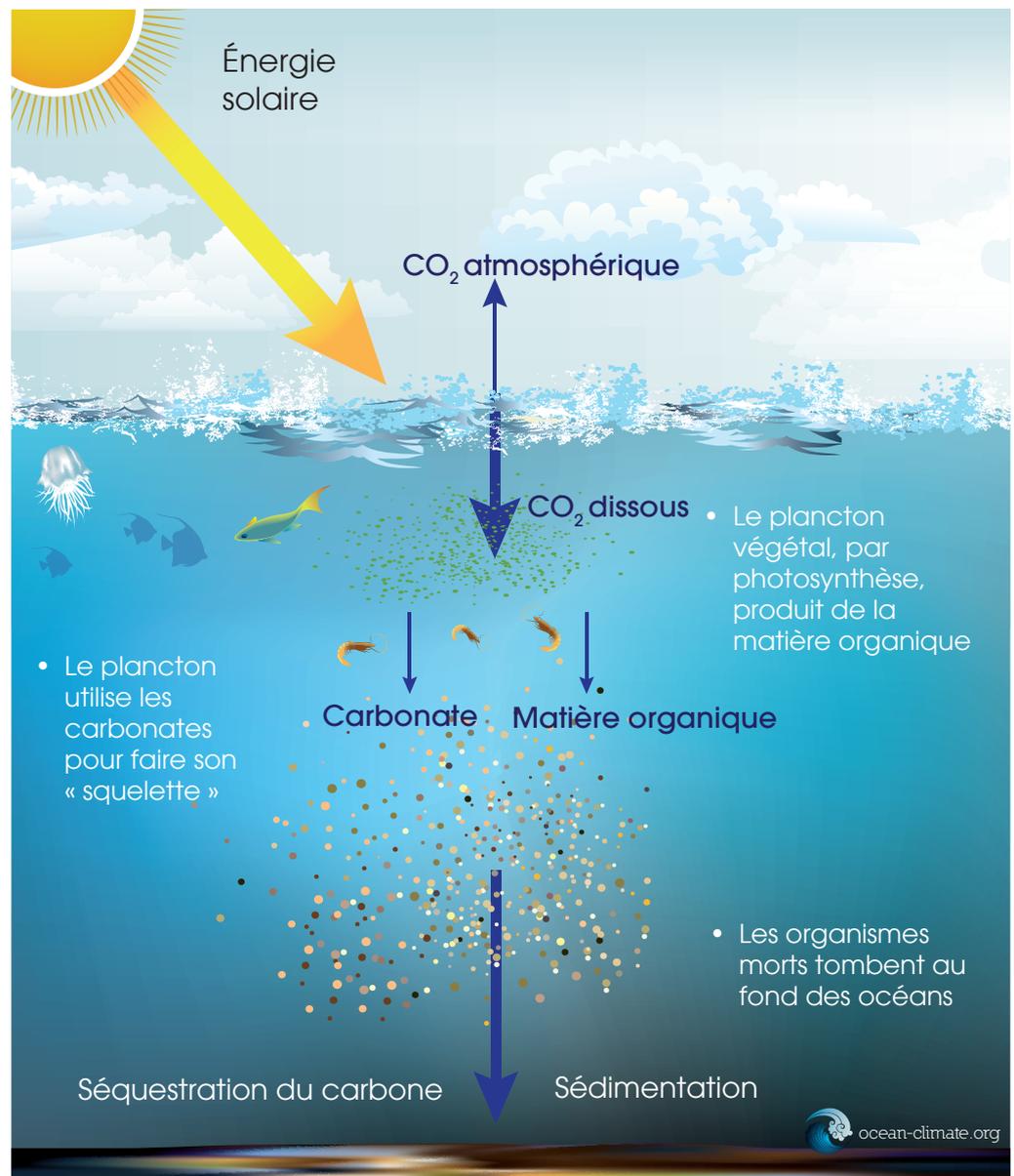
Le deuxième mécanisme, qui représente 10 % de l'accumulation du carbone dans les océans, est biologique : le plancton végétal, en suspension dans la couche de surface de l'océan, intervient dans le cycle du carbone par sa production de matière organique grâce à la lumière du soleil, par la photosynthèse. Ce plancton est un « poumon » de la planète, comme le sont les forêts terrestres : il absorbe le  $\text{CO}_2$  et rejette du dioxygène ( $\text{O}_2$ ). Au fil du temps, il a conduit à l'oxygénation de notre atmosphère.

À sa mort, quand il n'est pas consommé, le plancton tombe au fond des mers où il s'accumule sur de grandes épaisseurs. La matière organique qu'il contient, riche en carbone, peut alors évoluer en pétrole ou en gaz. Les espèces à coquille calcaire participent également au piégeage du carbone, en le stockant sous forme de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) au sein de leur coquille. Ces sédiments se transforment ensuite en roches calcaires. Les falaises d'Étretat en sont un bel exemple.

Cette biodiversité est représentée par des milliers d'espèces d'algues et d'animaux planctoniques. Elle est le premier maillon de la chaîne alimentaire marine. Cette biodiversité est vitale pour l'ensemble des pêcheries et pour l'activité économique planétaire qui en dépend. Mais la connaissance de cet écosystème mondial est très parcellaire. Son fonctionnement, son importance biologique et sa valeur économique sont peu connus des décideurs, comme du plus large public.

L'océan joue donc un rôle majeur dans la régulation du climat par sa fonction de pompe à carbone et de producteur d'oxygène grâce au plancton. Mais il est de plus en plus affecté par les changements climatiques globaux, ce qui pose d'importantes questions. Quelle est la capacité d'adaptation du plancton ? Quelle est la vulnérabilité de cette machine climatique sophistiquée ?

Le rôle de la biodiversité planctonique dans la régulation du climat constitue donc l'un des enjeux majeurs pour le climat mondial.



Pompe à carbone biologique



## DE L'OCÉAN AU NUAGE

### Une eau dans tous ses états

L'eau est indispensable à la vie. Comme l'océan recouvre plus de 70 % de la surface de la planète et contient 97 % des eaux du globe, c'est la plus grande réserve d'eau de la planète. La quantité d'eau sur terre, circulant et se recyclant sans cesse, est inchangée depuis des milliards d'années.

Notre planète est la seule connue où l'eau existe sous ses trois états selon sa température : liquide, solide (glaciers, icebergs...) et gazeux (vapeur d'eau). Sous l'effet des rayonnements du soleil, l'eau de l'océan se réchauffe et s'évapore dans l'atmosphère. Ainsi, le rôle de l'océan dans la machine climatique est fondamental. Nous devons y prêter une grande attention.

La vapeur d'eau est transportée par les courants aériens ascendants à une altitude où les températures plus basses condensent la vapeur en gouttelettes d'eau ou en cristaux de glace, qui forment les nuages. Les masses d'air sont déplacées au gré des vents. Dans certaines conditions, les gouttelettes ou les cristaux grossissent et retombent alors sur terre sous forme de précipitations de pluie ou de neige. La neige peut s'accumuler et former des calottes polaires et des glaciers. Pluie et neige fondue apportent l'eau douce dans les lacs et les rivières. Une grande partie de cette eau s'infiltre dans le sol et alimente fleuves et nappes phréatiques. Cette eau est en mouvement permanent et finit toujours par retourner à l'océan : c'est le cycle de l'eau. De cette manière, la goutte d'eau de pluie,

comme la goutte d'eau du robinet, est déjà passée de nombreuses fois par l'océan. Transportée par la circulation océanique globale, elle peut mettre plus de mille ans pour parcourir l'océan mondial.

Néanmoins, ce trajet de la goutte d'eau peut être profondément modifié par le changement climatique. Réservoir principal du cycle de l'eau, l'océan est donc intimement lié au climat via ses échanges permanents avec l'atmosphère. Or, sous l'effet du réchauffement climatique, ce cycle a tendance à s'accélérer et à provoquer davantage d'événements climatiques extrêmes : précipitations, sécheresses, cyclones...



Cycle de l'eau



ocean-climate.org

## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'OCÉAN

*Océan dégradé, planète en danger*

ACIDIFICATION DE L'OCÉAN.....	P.9
LA BIODIVERSITÉ MARINE EN DÉCLIN.....	P.11
UN OCÉAN SOUS PRESSION.....	P.12

Infographies : Xavier Bougeard et Elsa Godet

Avec le soutien de :



## ACIDIFICATION DE L'OCÉAN (1/2)

### Acid attack

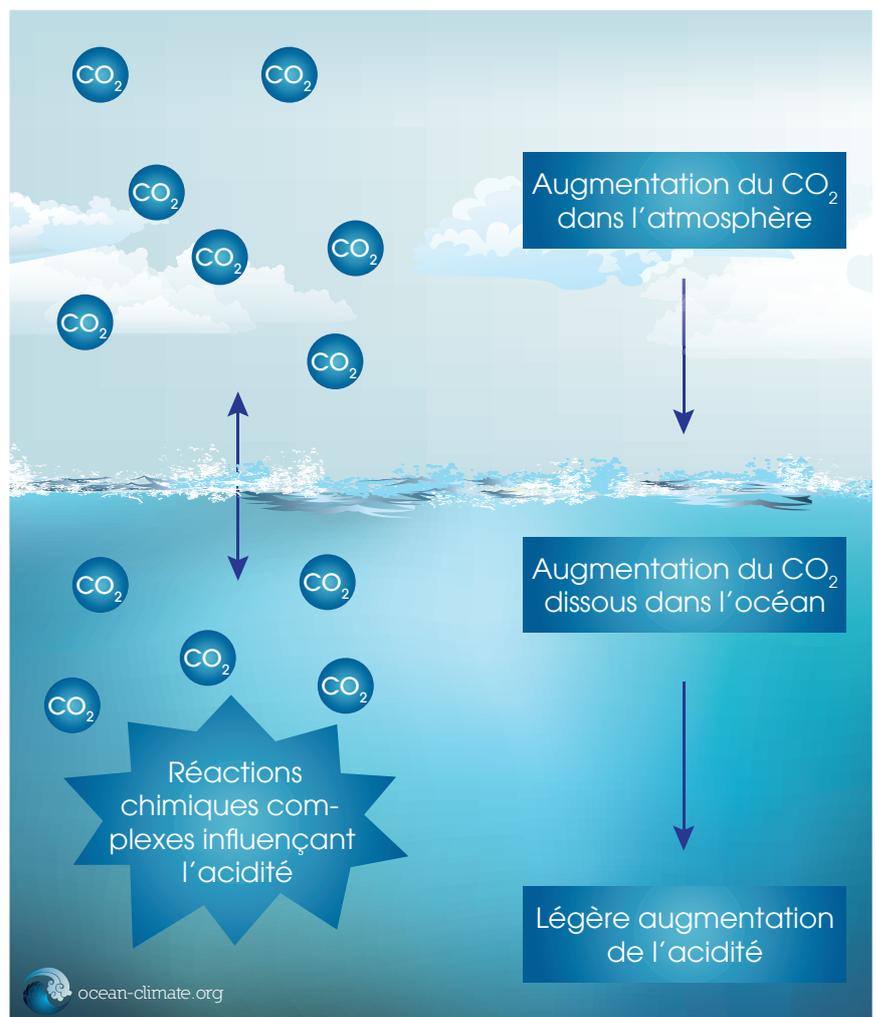
Environ un tiers du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) généré par les activités humaines a été absorbé par l'océan depuis le début de la révolution industrielle. Ce phénomène contribue à modérer le réchauffement global de la planète. Sans cette faculté, la quantité de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère serait beaucoup plus importante que celle observée aujourd'hui. Les conséquences sur le climat en seraient aggravées.

Une partie du  $\text{CO}_2$  atmosphérique se dissout au contact de l'océan. On le retrouve ensuite dans l'eau sous différentes formes, dont l'acide carbonique. Cette réaction chimique est à l'origine des changements dans les équilibres chimiques de l'eau de mer. Il en résulte, d'une part, une augmentation en ions hydrogène, responsables de l'acidification et, d'autre part, une diminution d'ions carbonates, des éléments essentiels aux végétaux et animaux marins pour fabriquer leurs squelettes et autres structures calcaires.

Ce qu'on appelle acidification de l'océan est la diminution de son pH, qui est l'unité de mesure de l'acidité d'un liquide. L'acidification a augmenté de 26 % depuis le début de la révolution industrielle (1800). Mais certains modèles de prédiction prévoient une augmentation de 150 % de l'acidité d'ici à 2100. Le rythme actuel de l'acidification de l'océan est donc dix fois plus rapide qu'à aucune autre période des 55 millions d'années qui nous ont précédés.

Les conséquences de ce phénomène n'ont commencé à être étudiées qu'à partir de la fin des années 1990 et elles restent encore assez mal connues. Des expériences ont montré que certaines algues du phytoplancton, comme les coccolithophoridés munis de plaques calcaires, et certains animaux à squelettes calcaires, présentent des anomalies lorsqu'ils se développent dans un milieu acidifié. Les écosystèmes marins, c'est-à-dire toute la biodiversité et les réseaux trophiques, dont dépendent les sociétés humaines, sont susceptibles d'être affectés par l'acidification accélérée de l'océan.

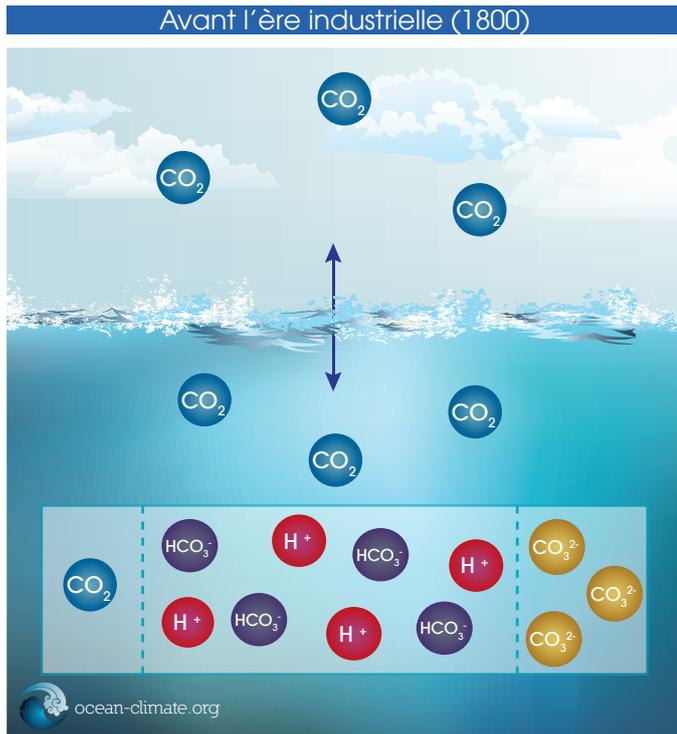
L'acidification est un changement majeur en cours dans l'océan. Le réchauffement des eaux de surface en est un autre. Or, ce dernier contribue à réduire la capacité de l'océan à absorber du  $\text{CO}_2$ . De ce fait, la concentration de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère augmente et aggrave son impact sur le climat.



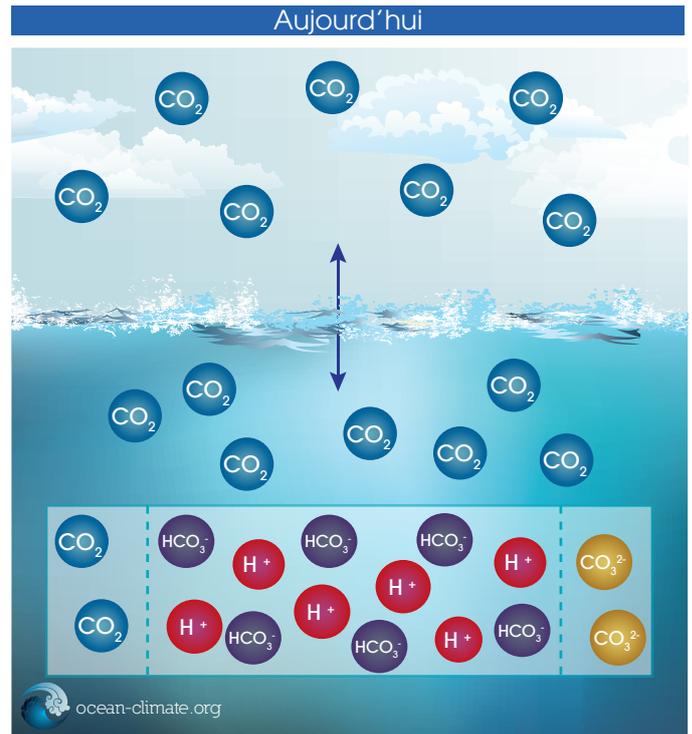
Mécanisme simplifié de l'acidification des océans

# ACIDIFICATION DE L'OCÉAN (2/2)

En savoir plus sur le mécanisme chimique de l'acidification des océans



CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sont en proportion stable



L'équilibre est déplacé :  
 CO<sub>2</sub> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> augmentent      CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> diminue  
 augmentation d' H<sup>+</sup> = augmentation de l'acidité

**LÉGENDE**  
 CO<sub>2</sub> = gaz carbonique  
 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = acide carbonique  
 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = ion bicarbonate  
 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> = ion carbonate  
 H<sup>+</sup> = ion hydrogène

**À SAVOIR**  
 Dans l'eau, les trois composés CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sont en proportion stable en fonction des conditions.

Le CO<sub>2</sub> dissous réagit avec l'eau :  $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$   
 L'acide carbonique se dissocie :  $H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$   
 L'ion bicarbonate aussi :  $HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$

**À SAVOIR**  
 La concentration en H<sup>+</sup> définit l'acidité : plus la concentration en H<sup>+</sup> est forte, plus le pH est faible et plus l'acidité augmente.

**À SAVOIR**  
 Le terme « acidification » indique un processus en cours - la modification du pH - mais l'océan ne deviendra pas un milieu fondamentalement acide.

# LA BIODIVERSITÉ MARINE EN DÉCLIN

## Peuples des mers: le jour d'après

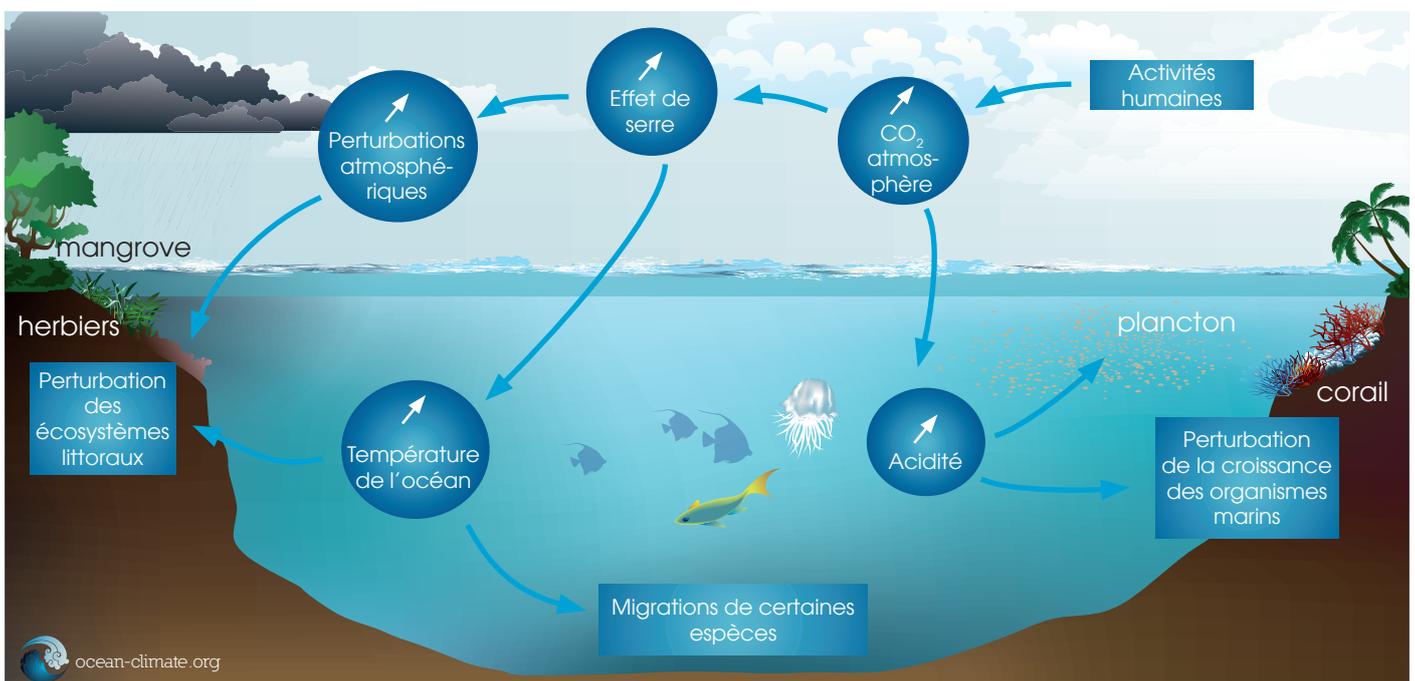
La perte de biodiversité marine fragilise l'écosystème océanique et sa capacité à résister aux perturbations, à s'adapter aux changements climatiques et à jouer son rôle de régulateur écologique et climatique au niveau planétaire.

L'océan abrite des millions d'espèces. Cette biodiversité marine est indispensable à la bonne santé des océans. Milieu vivant, l'océan participe à la régulation du climat. Les changements climatiques, causés par l'homme, ont des conséquences directes sur les espèces marines. Ils en modifient l'abondance, la diversité et la distribution, mais également leur alimentation, leur développement et leur reproduction, ainsi que les relations entre ces espèces.

- La hausse des températures induit des comportements variables selon les espèces. Certaines s'adaptent aux changements de température, d'autres migrent vers les pôles ou vers de nouvelles zones. D'autres encore disparaissent, comme certains coraux qui peuvent blanchir et mourir rapidement par rupture de la symbiose avec les algues unicellulaires qu'ils abritent et qui contribuent à leur nourriture.
- L'acidification de l'océan, due à l'augmentation de l'absorption de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) atmosphérique, impacte directement les organismes marins qui ont un squelette ou une coque calcaire: phytoplancton, crustacés, mollusques...

- Les événements climatiques exceptionnels appauvrissent les milieux naturels par l'érosion, et les inondations, par exemple. Ils altèrent les conditions de la vie marine en zone littorale, notamment dans certains habitats côtiers tels que les mangroves et les herbiers, qui sont propices non seulement à la reproduction des espèces mais également à la captation du  $\text{CO}_2$ .

Le poisson est la première source de protéine animale pour un milliard de personnes sur la planète. Sans tenir compte ni de la surpêche, ni de la pollution, le seul changement climatique impacte lourdement les ressources alimentaires des populations humaines, principalement dans les pays en voie de développement. La perte de biodiversité signifie également une perte de gènes et de molécules potentiellement précieuses pour la recherche médicale et l'industrie. Ces multiples altérations, cumulées sur les écosystèmes marins, rendent à leur tour l'océan très vulnérable aux changements climatiques. En effet, plus les écosystèmes océaniques s'appauvrissent, moins ils sont capables de s'adapter aux effets du changement climatique. Cette situation grave est trop peu prise en compte.



Conséquences de l'augmentation du  $\text{CO}_2$  sur les écosystèmes marins

## UN OCÉAN SOUS PRESSION

*2100, l'odyssée du climat*

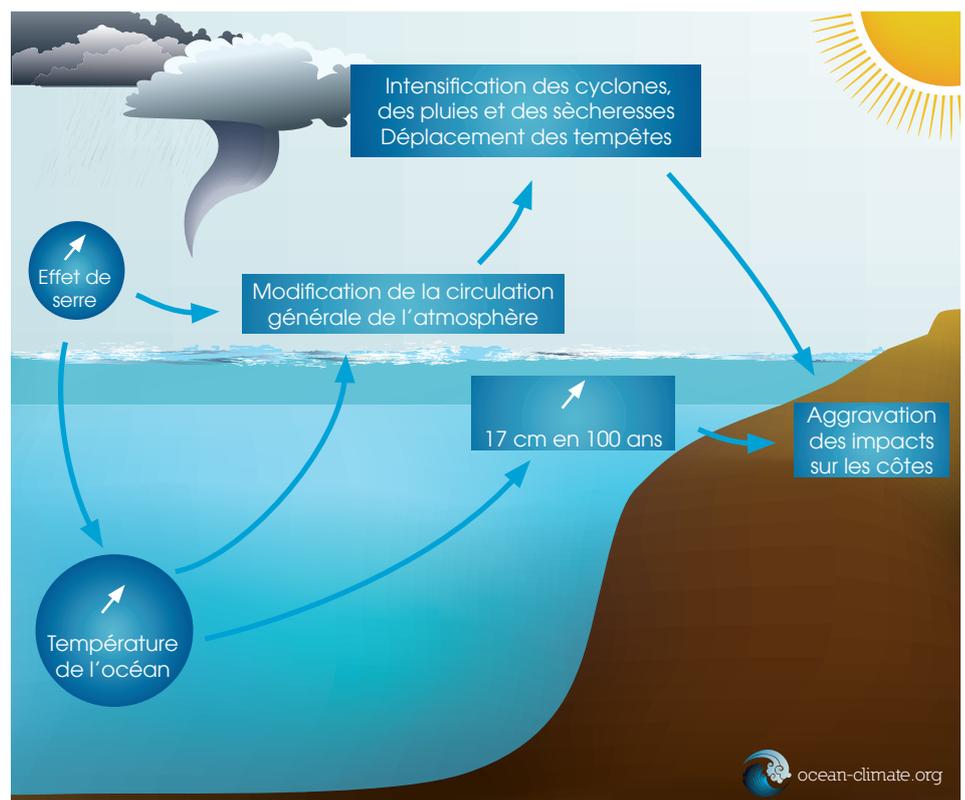
Le changement climatique est invisible à l'œil nu, difficilement décelable au quotidien. Tout comme l'élévation de la température de l'air, de la mer ou celle du niveau de l'océan. Mais ses effets sur les phénomènes naturels sont terriblement concrets. La bande côtière est en première ligne face aux effets du dérèglement climatique.

L'océan reçoit et stocke l'énergie solaire ainsi que le surplus de chaleur générée, directement ou indirectement, par les activités humaines. L'océan représente ainsi un immense réservoir de chaleur, supérieur à la capacité thermique des continents et mille fois plus important que celui de l'atmosphère. Le volume d'eau océanique se dilate du fait de l'élévation de la température. À quantité égale, l'eau chaude occupe un volume supérieur à celui de l'eau froide. Ainsi, sous les effets du surplus de chaleur emmagasiné par les océans et de la fonte des glaciers qui augmente son contenu en eau, le niveau global de la mer augmente. Depuis 1992, il a déjà augmenté en moyenne de trois millimètres par an. Cette tendance s'accélère. Cependant, cette augmentation peut varier d'un lieu à l'autre de la planète sous l'influence des vents et des courants océaniques. Un autre facteur de modération serait le soulèvement très lent de certaines masses terrestres, encore en cours, lié à une diminution du poids des glaciers qui ont disparu depuis la dernière glaciation. Mais cet effet resterait très local.

Plus la température à la surface de l'océan s'élève, plus elle réchauffe l'air et augmente la quantité d'eau qui s'évapore vers l'atmosphère. Transportée au gré des vents, une partie de cette vapeur d'eau se retrouve au-dessus des continents. Ainsi, le cycle hydrologique atmosphérique a changé. Il est devenu plus perturbé. Parmi ces changements, une tendance à l'augmentation des précipitations intenses et à des sécheresses accrues apparaît dans certaines régions du monde. L'augmentation de la chaleur océanique, couplée aux interactions avec l'atmosphère, semble avoir impacté aussi la

circulation générale de l'atmosphère. Les grandes structures de vents semblent se déplacer en latitude, avec une bande tropicale qui se serait élargie et des systèmes de vents d'ouest qui se seraient intensifiés en Atlantique nord. Une tendance à l'augmentation de l'intensité des cyclones dans ce même bassin océanique, pour lequel nous disposons de plus d'observations, commence à se percevoir. Une augmentation des inondations est également observée.

L'élévation du niveau de la mer, l'intensification des vents, les tempêtes et les cyclones affectent tout particulièrement les régions côtières. La détérioration des milieux naturels affaiblit encore leur résistance aux graves conséquences du changement climatique : l'érosion du littoral, la perte de biodiversité et la migration des populations. Elles y creusent les inégalités écologiques, économiques et sociales.



Conséquences physiques de l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère