

A photograph of a beach with waves crashing onto the shore under a clear sky. The waves are white and foamy, and the water is a deep blue. The sky is a pale, clear blue. The beach is dark and sandy.

OCÉAN ET CLIMAT

UNE RELATION
TRÈS ÉTROITE

L'océan mondial, au-delà du gigantesque volume d'eau qu'il représente, est un méga-écosystème fondamental qui fournit des services essentiels au maintien de la vie sur la Terre. Il est notamment le premier fournisseur net d'oxygène de la planète, jouant un rôle plus important encore que les forêts. Par ailleurs, il absorbe entre le tiers et le quart du CO₂ émis chaque année par l'Homme dans l'atmosphère selon des mécanismes complexes au sein desquels le plancton joue un rôle majeur. Il joue également un rôle de régulateur climatique majeur par l'intermédiaire de la circulation océanique et constitue un réservoir de chaleur sans équivalent sur Terre. Il contribue ainsi de manière substantielle à l'atténuation des effets du changement climatique. L'Océan constitue à la fois un poumon pour la planète et un régulateur du climat. Il est au cœur de la machine climatique.

RÉSERVOIR DE CHALEUR

L'océan est un réservoir de chaleur presque cent fois plus important que l'atmosphère. Parmi tous les compartiments de la machine climatique, il propose la capacité à stocker la chaleur la plus efficace ; c'est donc lui qui absorbe 93% de l'excédent d'énergie issu de l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre dûe aux activités humaines. Par comparaison, les continents et l'atmosphère se « contentent » respectivement de 3% et 1% ! 30% de toute cette énergie (chaleur) stockée est ensuite renvoyée vers l'atmosphère par évaporation pour former les nuages. De même, les pôles et leurs gigantesques masses d'eau assurent un rôle fondamental dans la circulation océanique et dans la géoclimatique terrestre en participant au transport des eaux chaudes des Tropiques vers les hautes latitudes (dans le Gulf Stream par exemple), et des eaux froides des hautes latitudes vers les tropiques (l'eau profonde nord-atlantique ou l'eau antarctique de fond par exemple).

Toute cette énergie n'est donc pas simplement stockée : elle circule constamment. L'océan et l'atmosphère sont en connexion permanente et échangent de l'énergie sous forme de chaleur et d'humidité. L'océan renvoie cette chaleur plus lentement que les continents et contribue ainsi à la régulation du climat sur les zones émergées (d'où un climat souvent plus tempéré dans les zones côtières par exemple). Sur de longues périodes (qui sont les

seules appropriées lorsqu'on parle de climat), il a donc une influence primordiale dans la régulation des températures de la planète. Formidable régulateur du climat, sa déstabilisation par les activités humaines joue un grand rôle dans le dérèglement climatique en perturbant les échanges de chaleur entre l'atmosphère et lui.

Le climat de notre planète est régi en grande partie par l'océan qui est son principal régulateur grâce à ses échanges radiatifs, mécaniques et gazeux continus avec elle. En particulier, il absorbe, stocke et transporte dans son mouvement la chaleur du soleil en affectant la température et la circulation de l'atmosphère ; il constitue également la source principale des précipitations. Par ces caractéristiques et ces mécanismes, il a ainsi un effet modérateur sur le climat et ses changements. Toutefois, l'absorption par l'océan de l'excès de chaleur induit par une concentration croissante en gaz à effet de serre cause un réchauffement des eaux, ce qui a des conséquences sur les propriétés et la dynamique de l'océan, sur ses échanges avec l'atmosphère et sur les habitats des écosystèmes marins. Longtemps, les discussions sur le changement climatique n'ont pas pris les océans en compte parce que nous en savons peu à son sujet, mais il est à présent évident que notre capacité à comprendre et anticiper l'évolution du climat terrestre dépend de notre connaissance des océans et de leur rôle dans le climat.


L'OCÉAN ABSORBE
93%
DE L'EXCÉDENT D'ÉNERGIE
DÙ À L'ACTIVITÉ HUMAINE

CIRCULATION OCÉANIQUE

Avec 361 millions de km², les océans couvrent 71% de la surface du globe. D'ailleurs, il serait plus juste, d'un point de vue écosystémique, de parler d'océan mondial plutôt que de plusieurs océans. Malgré son intérêt géographique, cette vision ne recouvre pas de réalité quant au système océan. Ainsi, les cinq océans du globe ne sont pas séparés les uns des autres. L'eau y circule en permanence, assurant la communication et les échanges à l'échelle de la planète : les eaux chaudes de surface courent de l'équateur aux pôles et les eaux froides, des profondeurs des pôles vers l'équateur. Les scientifiques appellent ce phénomène la « circulation de convection » ou « circulation thermohaline » parce que la température (thermo-) et la salinité (-haline) sont le moteur de cette circulation. En ajoutant la rotation de la Terre, on obtient les grands principes de la circulation océanique ; ces principes sont, bien entendu, contraints par les terres émergées.

Cette circulation permet les échanges entre les eaux, autant en latitude qu'en longitude et en profondeur. En fonction de la densité des eaux par exemple (du fait de différences de température et de salinité), les courants circulent sans se mélanger et ce, partout sur la planète. A titre d'exemple, sous les tropiques, l'eau des grands fonds est pratiquement glaciale. En surface, dans les zones où elle s'est réchauffée, elle s'est aussi un peu dilatée et provoque une hausse du niveau des mers. Sans cette dilatation naturelle, le niveau des mers seraient bien plus bas que ce que l'on constate aujourd'hui.

Cette circulation océanique participe à la formation de nos sociétés. Ainsi, dans l'Atlantique Nord par exemple, la circulation océanique (de convection) maintient la température de l'atmosphère plus élevée qu'elle ne le serait autrement car l'eau de surface, poussée par la circulation thermohaline et le vent, transporte la chaleur de l'équateur vers les pôles.

L'OCÉAN

REPRÉSENTE
71% DE LA SURFACE
DE LA TERRE
& EST PROFOND DE 200 À
11 000 M

FOURNITURE D'OXYGÈNE

L'oxygène, élément indispensable à la vie, ne provient pas que des végétaux terrestres. En effet, l'oxygène atmosphérique provient également de la production de biomasse marine. On estime même que le bilan en oxygène d'une forêt vierge est quasiment nul puisque les volumes en croissance et en décomposition sont à peu près égaux : sauf à croître en surface, une forêt ne produit donc pas d'excédent d'oxygène notable, contrairement à l'océan.

En effet, le phytoplancton présent dans les océans fournit, à lui seul, la majorité de l'oxygène atmosphérique à travers le cycle marin de l'oxygène. Les principaux systèmes produisant un surplus d'oxygène sur Terre sont donc les forêts en formation et les algues et phytoplanctons des océans : il est ainsi très clair qu'un océan en bonne santé est un enjeu crucial.





Notre atmosphère est composée d'environ 21 % d'oxygène, 78% d'azote, et 1% de faibles quantités de divers gaz. Cela n'a pas toujours été le cas : tout comme la planète est en constante évolution, son atmosphère aussi ! Il y a 4,5 milliards d'années, l'atmosphère était surtout composée d'hydrogène, d'azote, de dioxyde de carbone (CO₂), d'ammoniac (NH₃) et de méthane (CH₄). L'oxygène se trouvait à l'état de trace, de l'ordre de 0,0001%. Il a fallu bien des évolutions, et notamment deux grandes phases d'oxydation, pour en arriver là où nous sommes. Intimement liée à l'apparition de la vie sur Terre, cette évolution a commencé dans les océans et ce sont toujours eux qui produisent la plus grande partie de notre oxygène.

POMPE À CARBONE

Avec 40 000 milliards de tonnes, l'océan contient 50 fois plus de carbone que l'atmosphère. Il échange ce carbone avec elle en permanence, à raison de plusieurs centaines de milliards de tonnes par an (sous forme de CO₂). Plusieurs mécanismes physiques, chimiques et biologiques contribuent à l'absorption et au stockage du carbone dans l'océan. En l'absence de tels mécanismes ou en cas de perturbations, on peut ainsi imaginer la catastrophe que représenterait le passage de ce stock gigantesque de carbone dans l'atmosphère. Nous ne serions tout simplement plus ici pour en discuter...

L'assimilation océanique est le principal phénomène biologique de séquestration du carbone sur des échelles

de temps géologiques (très longues) dans l'écosystème terrestre. En utilisant l'énergie lumineuse pour la photosynthèse, le phytoplancton de surface prélève nutriments et carbone pour former de la matière organique : n'oublions pas que la vie s'appuie sur le carbone et que les organismes le prennent là où il est ! La chaîne trophique permet ensuite le passage de ce carbone d'une proie à un prédateur. En outre, une petite partie du carbone organique formé en surface quitte la surface sous forme de particules et s'enfonce vers les profondeurs. Sur toute la colonne d'eau, depuis la surface jusqu'à la profondeur, il subit des transformations qui amènent finalement à la constitution d'un gradient de carbone, depuis les pro-

fondeurs jusqu'à la surface. Chaque année, 10 milliards de tonnes de carbone permettent la constitution de ce gradient via ce qu'on appelle familièrement la « pompe biologique » de carbone.

Autre mécanisme à l'œuvre, le refroidissement des eaux de surfaces (du fait de la circulation océanique notamment) contribue à accroître la capacité des eaux à dissoudre le CO₂ capté dans l'atmosphère. Cela induit une augmentation de la densité de ces eaux qui renforce leur capacité à descendre vers les grandes profondeurs. Il s'agit là de la « pompe physique », qui piège le CO₂ atmosphérique dans ces eaux de surface qui l'emmènent peu à peu vers les profondeurs.

L'océan est un gigantesque milieu hétérogène et mouvant qui cherche, comme tous les systèmes, à minimiser ses déperditions d'énergie en trouvant des équilibres. C'est là le rôle des pompes biologique et chimique en ce qui concerne le cycle du carbone. Dès lors, il est évident que tout changement de la composition en carbone de l'atmosphère, mais aussi des océans, modifiera cette recherche d'équilibre. L'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère a donc des impacts sur les océans qui, du fait de leur capacité de stockage et de leur rôle global sur le climat, constituent un enjeu crucial.