

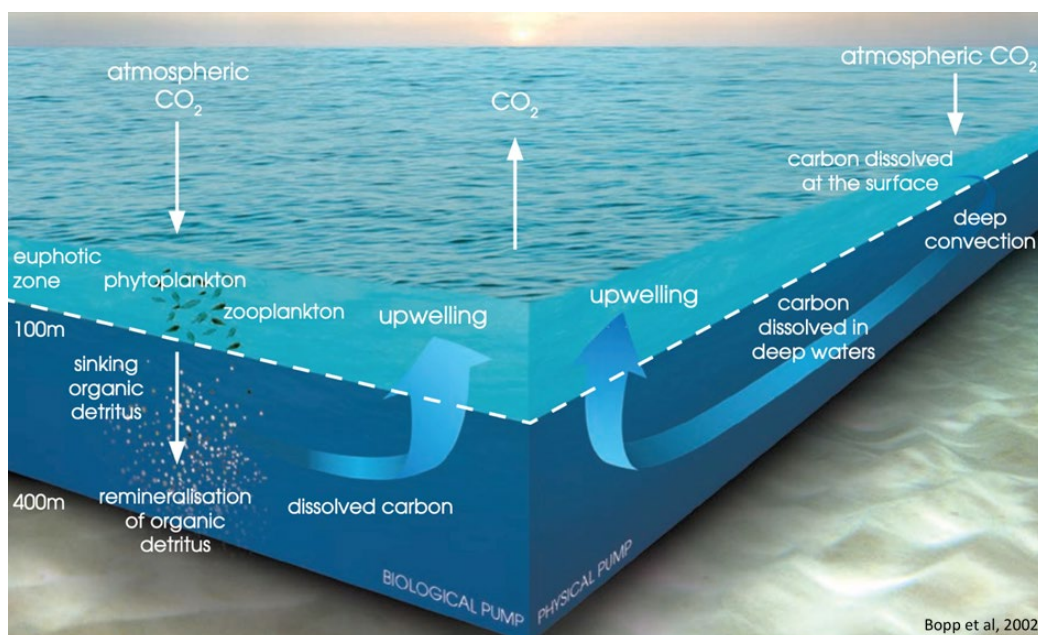
L'Océan au cœur de l'Humanité

Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée, d'une vidéo du MOOC UVED « L'Océan au cœur de l'Humanité ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres aux interventions orales des auteurs.

La pompe biologique de carbone dans l'océan

Marina Lévy, directrice de recherche au CNRS

Je vais parler de la pompe biologique de carbone dans l'océan. Comme son nom l'indique, c'est un mécanisme biologique qui conduit à un stockage de carbone à l'intérieur de l'océan. On parle de pompe car il permet d'expliquer environ 90 % du gradient vertical de CO_2 dans l'océan, c'est-à-dire le fait qu'il y a plus de CO_2 présent au fond de l'océan que près de la surface. Les autres 10 % de ce gradient sont expliqués par un autre mécanisme qui est basé, lui, sur des processus physico-chimiques, qu'on appelle la pompe de solubilité et qui repose sur la plus grande capacité des eaux froides à contenir du CO_2 .

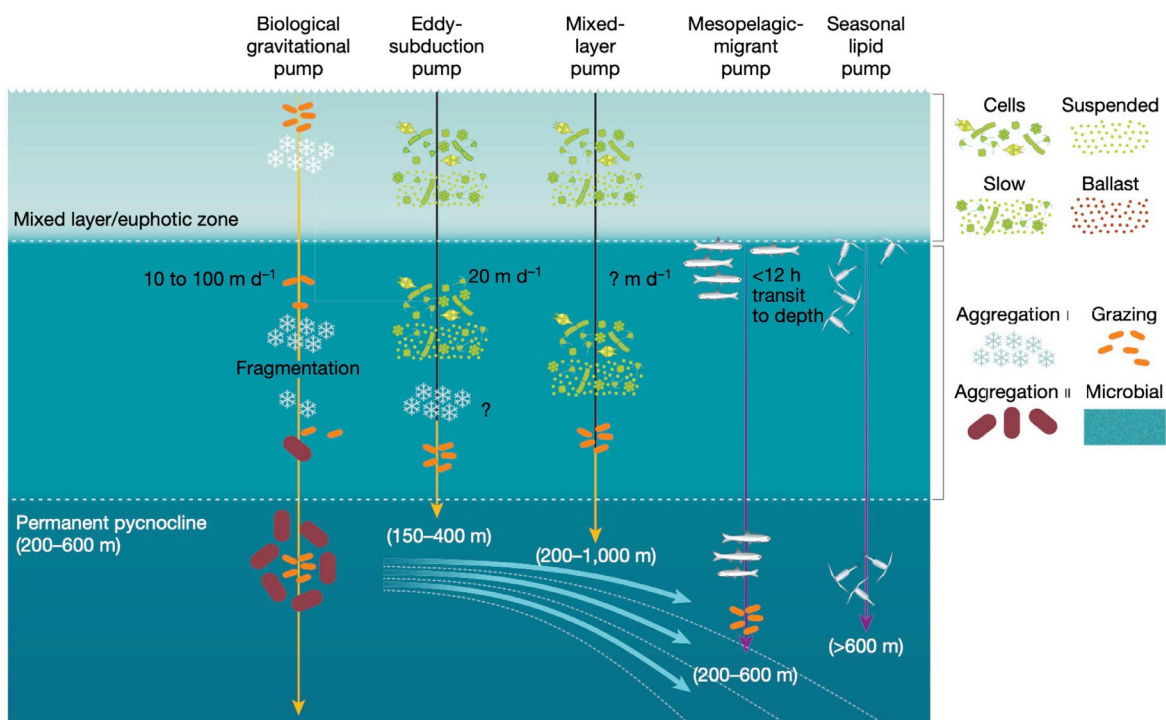


1. Fonctionnement de la pompe biologique de carbone

Le fonctionnement de cette pompe de carbone repose sur trois étapes que je vais vous présenter.

Le moteur essentiel de la pompe est la photosynthèse. La photosynthèse a besoin de lumière, c'est pour cela qu'elle a lieu dans la couche éclairée de surface de l'océan qu'on appelle la couche euphotique, typiquement les 150 premiers mètres de l'océan. Dans ces 150 premiers mètres vont se photosynthétiser des microalgues, le phytoplancton. Par ce processus de photosynthèse, il va y avoir une conversion de carbone, de CO_2 , et d'autres éléments nutritifs, l'azote, le phosphore, le fer, en matière organique. C'est la première étape et vraiment le moteur de la pompe.

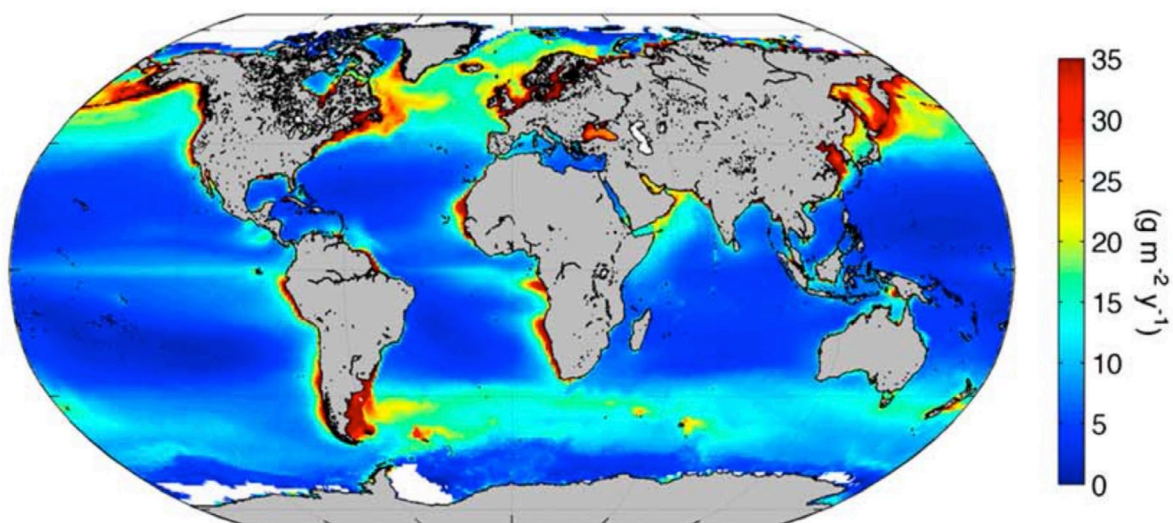
Ensuite, la deuxième étape, c'est que cette matière va quitter la couche euphotique. Traditionnellement, la vision qu'on a de ce flux qui quitte la couche euphotique, c'est par le fait de la gravitation, la formation d'agrégats, cette matière organique qui va couler. Mais récemment, on a mis en évidence d'autres mécanismes d'injection qui sont illustrés sur la figure que vous voyez (ci-dessous). Je vais parler de deux de ces mécanismes. Le premier, c'est un mécanisme physique qui repose sur le transport, par les forts courants océaniques verticaux descendants, qui sont liés à la turbulence océanique dite de submésos-échelle. Donc ces forts courants verticaux vont apporter la matière organique depuis la surface vers le fond. Ils ont des échelles spatiales de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Le deuxième mécanisme, qui est un mécanisme biologique, repose sur la migration verticale d'organismes brouteurs, qui vont se réfugier, pendant la journée, en profondeur, là où il n'y a pas de lumière, pour échapper à leurs prédateurs.



Enfin, une fois que la matière organique a quitté la couche de surface et est arrivée en profondeur, elle va subir une myriade de transformations, il va y avoir une atténuation progressive du flux. Tout d'abord, elle va servir d'alimentation pour les organismes vivants qui vivent dans la couche mésopélagique, et puis elle va être reminéralisée par des bactéries au fur et à mesure de sa descente, en CO_2 et en sels nutritifs. Donc tout ça fait partie d'un cycle biogéochimique naturel, c'est-à-dire que ce CO_2 et ces nutriments, une fois reminéralisés, vont être rapportés en surface par la circulation océanique, ce qui va permettre de réalimenter la photosynthèse.

2. Efficacité de la pompe biologique de carbone

La pompe biologique est un processus qui existe partout à la surface des océans mais son efficacité est très contrastée régionalement. Vous voyez ci-dessous une carte qui montre l'intensité de la photosynthèse à la surface des océans, avec des régions où la photosynthèse est très intense, dans les latitudes tempérées, et d'autres régions, au contraire, qui sont des déserts océaniques dans les latitudes tropicales. L'intensité de la photosynthèse, qui est donc le principal moteur de la pompe biologique, dépend de facteurs multiples qui sont la température, l'éclairement ou la disponibilité en sels nutritifs, et qui expliquent cette distribution très variable dans les océans.

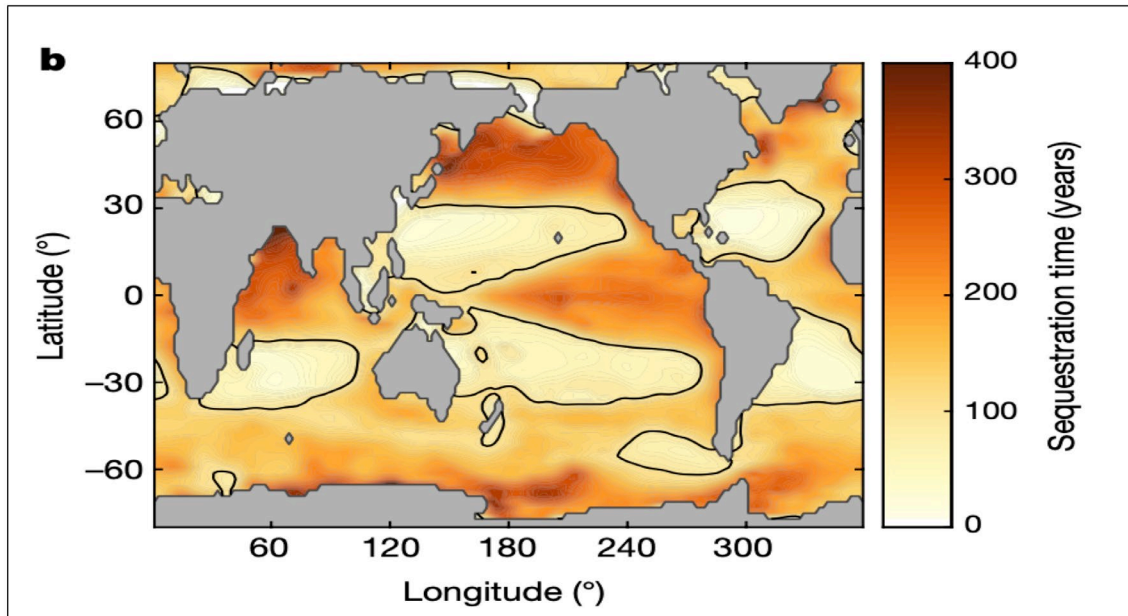


Le deuxième facteur qui va contrôler cette efficacité, c'est le type de phytoplancton qui va faire la photosynthèse.

Un autre processus, ça va être la forme du profil d'atténuation qui est un profil exponentiel qui va décroître sur les 3 000 mètres de profondeur de l'océan de manière différente d'un bassin à l'autre.

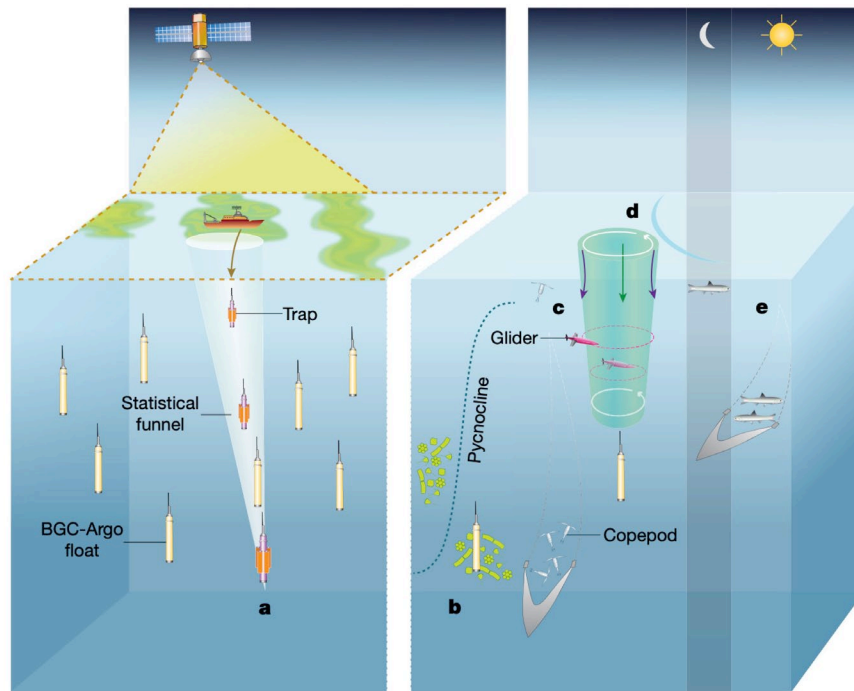
Un autre facteur qui va contrôler l'efficacité concerne les échelles physiques de temps de séquestration. Ces échelles de temps de séquestration sont liées à la circulation océanique, et

sont également variables d'un endroit de l'océan à l'autre. Ce que l'on voit ici (figure ci-dessous), ce sont des temps de séquestration qui varient de la centaine d'années à plusieurs centaines d'années en fonction de la couleur. Plus c'est foncé, plus les temps de séquestration sont longs.



3. Mesure de la pompe biologique de carbone

Comment est-ce qu'on mesure cette pompe biologique ? Traditionnellement, on a déployé des trappes à sédiments dans l'océan qui sont des grands cônes qui font environ un mètre d'envergure, et qui vont être soit positionnés en un point fixe de l'océan, soit qui vont dériver, et qui vont permettre de mesurer le flux gravitationnel. On a également mis en place, récemment, des méthodes d'observation plus complètes, plus tridimensionnelles, qui permettent d'avoir accès aux différents modes d'injection verticaux dont je vous ai parlé. Je citerai, par exemple, les flotteurs dérivants BioArgo biogéochimiques ou les *gliders* qui sont des robots autonomes pilotés à distance. Ces observations *in situ* sont complétées par des observations satellites et par des modèles numériques qui vont permettre d'extrapoler dans l'espace et dans le temps ces observations.



Conclusion

Pour finir, je vous parlerai du lien entre ce processus naturel qu'est la pompe biologique et le stockage, par l'océan, du carbone, du CO₂ émis par les activités humaines depuis le début de l'ère industrielle. L'océan a stocké environ 25 % de ce carbone émis par les activités humaines, mais ce stockage s'explique essentiellement par des processus physico-chimiques sans avoir besoin d'invoquer la pompe biologique. Par contre, le changement climatique est en train d'altérer le fonctionnement de la pompe biologique, et par voie de conséquence, on s'attend à ce que le stockage de carbone anthropique par l'océan soit moins efficace.