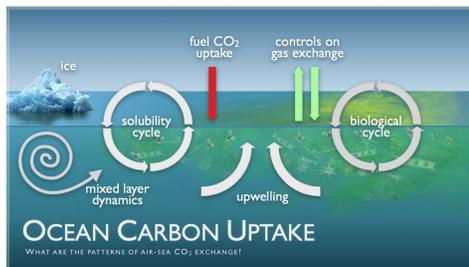


## Effet poisson : peut le battement de nageoire d'un poisson déclencher une tempête ?

### La planète bleue

La surface de la Terre est pour la plupart (à peu près 70%) couverte par l'océan ; vue de l'espace la planète apparaît majoritairement bleue. Cet environnement fluide abrite une immense variété d'espèces vivantes et joue un rôle essentiel dans le système climatique.



A gauche : La Terre vue de l'espace, (35000 km de la planète), le 17/10/2000 ; image obtenue en combinant les données du satellite Terra MODIS et celles du satellite GOES [earthobservatory.nasa.gov].

A droite : schéma des échanges air-mer et de l'absorption du dioxyde de carbone atmosphérique par l'océan [pmel.noaa.gov].

### Un milieu agité

Les eaux océaniques sont continuellement en mouvement, sous les effets des vents, des marées, des différences de température. Ceci donne lieu à une grande variété d'écoulements présentant des caractéristiques différentes, tels de jets (p.ex. le courant du Golfe de Mexique), des tourbillons, ou bien des ondes (à la surface mais aussi à l'intérieur de la mer).

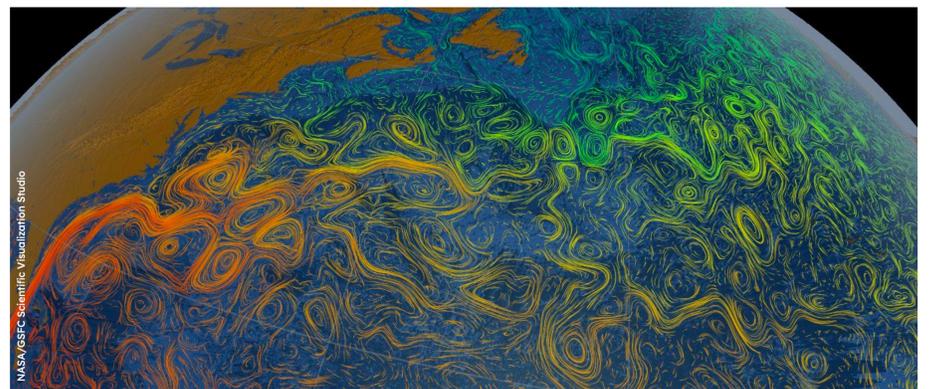


Les vagues à la surface de la mer sont générées par le vent et leur vitesse de propagation et hauteur sont influencées par nombreuses facteurs, telle la conformation du fond marin (bathymétrie), ou la présence de courants côtiers. L'interaction, complexe, de ces différents mécanismes peut parfois donner lieu à des vagues « géantes », dont la hauteur peut atteindre presque 30 mètres, comme à Nazaré (Portugal), dans l'image ci-dessus [reuters.com].

### Une énorme gamme d'échelles

La dynamique des écoulements océaniques fait intervenir une gamme d'échelles énorme. En effet, les différences de température associées au rayonnement solaire injectent de l'énergie, qui met en mouvement l'eau de mer, à l'échelle planétaire (plusieurs milliers de kilomètres). Cette énergie est dissipée, à cause du frottement visqueux (résistance à l'écoulement) de l'eau, à des échelles millimétriques ! Entre ces deux extrêmes, une redistribution de l'énergie a lieu, causée par plusieurs processus physiques (instabilités, génération d'ondes), dû à la variabilité naturelle des courants (leur sensibilité aux conditions environnementales).

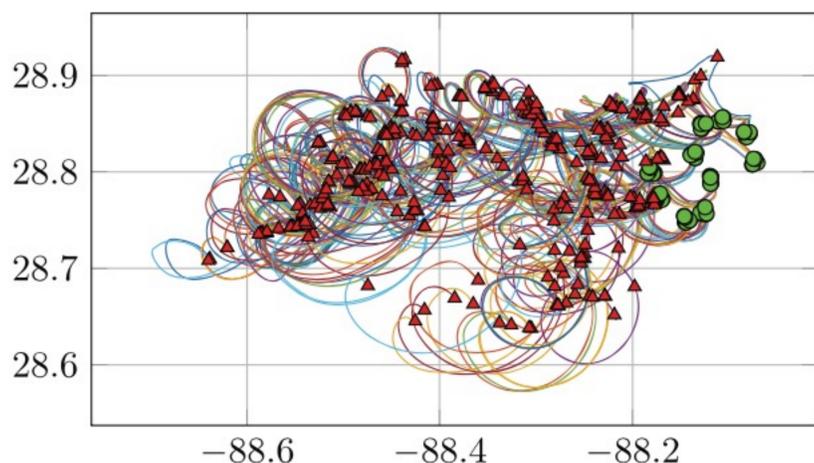
La caractérisation expérimentale et la compréhension théorique de ces processus sont encore incomplètes et représentent un défi majeure pour la recherche en océanographie et en mécanique des fluides.



Visualisation du courant du Golfe à la surface de la mer, s'étendant du Golfe de Mexique jusqu'à l'Europe dans l'océan Atlantique nord, obtenue en combinant les résultats de simulations numériques à l'échelle globale avec des données satellite et in-situ; la couleur représente la température de la mer [svs.gsfc.nasa.gov].

### Prévoir les courants et leurs effets

La prévision des courants océaniques est importante aussi pour nombre de questions sociétales, allant de la protection des littoraux, à la préservation de la biodiversité, à la dispersion de polluants et plastiques. Ces prévisions sont cependant confrontées au caractère souvent turbulent (irrégulier et chaotique) des écoulements marins. Dans un système chaotique, un petit changement (le battement de nageoire d'un poisson) peut être amplifié jusqu'à produire une conséquence très importante (la formation d'une tempête), ce qui ne permet pas de faire des prévisions sur des temps très longs. La prise en compte de ce type d'effets impose des approches statistiques spécifiques. Ce caractère imprévisible suggère fortement, de plus, de la prudence vis-à-vis des techniques de géoingénierie orientées au contrôle humain du climat pour limiter le réchauffement de la Terre.



Trajectoires d'un ensemble de bouées dérivantes (à la surface de l'océan), relâchées à des positions proches, dans une région du Golfe de Mexique où un important déversement de pétrole a eu lieu en 2010 [Berta et al., J. Geophys. Res. (2020)].