



# CAUSES & ENJEUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

*Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

## *Absorption du CO<sub>2</sub> par les écosystèmes terrestres et océaniques : bilan global*

**Philippe PEYLIN**

*Chercheur – Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement*

Bonjour, à travers cet exposé je vais donc vous présenter le devenir des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> émises par l'homme depuis le début de l'ère industrielle, le milieu du XVIIIe siècle.

- Sur la courbe en noir de cette figure, vous pouvez observer la quantité totale de dioxyde de carbone émise dans l'atmosphère.
- Celle-ci correspond aux émissions fossiles d'une part essentiellement, et en partie aussi aux émissions dues à la déforestation, aux changements d'utilisation des terres.
- ⇒ Actuellement, pour la dernière décennie, nous émettons environ 10 milliards de tonnes de carbone par an ou 10 pétagrammes de carbone.

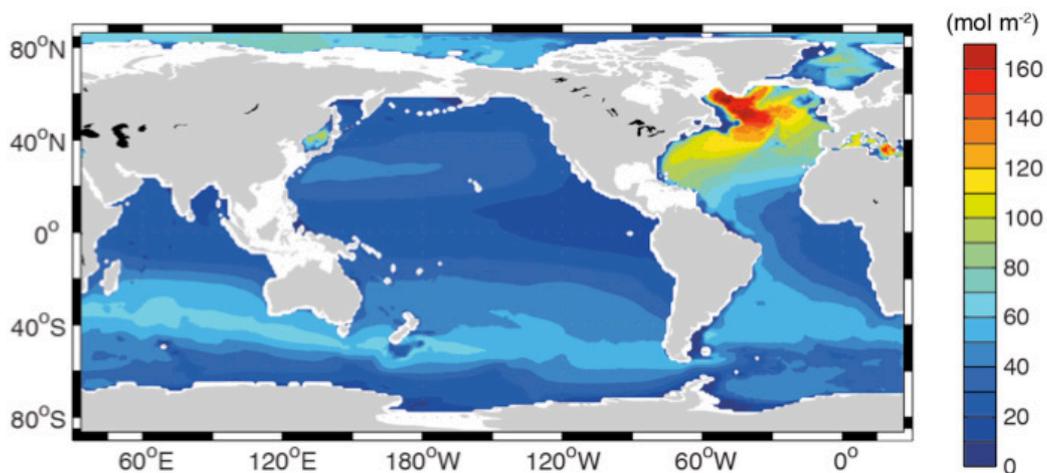
Depuis le début des années 60, on mesure très précisément dans l'atmosphère les concentrations de CO<sub>2</sub> et son évolution ou son augmentation au cours du temps. Par différence, on peut donc calculer à partir de ces mesures la quantité de CO<sub>2</sub> qui s'est accumulée directement dans l'atmosphère, ce qui correspond à la courbe en bleu, le taux de croissance observée.

- ⇒ On observe que cette quantité-là est environ la moitié des émissions de carbone dues aux activités humaines.

⇒ Ainsi donc, il y a une absorption par les écosystèmes terrestres et les écosystèmes océaniques de la moitié de nos émissions.

On va donc essayer de comprendre quels sont les principes, les mécanismes de ces puits de carbone.

- Si l'on commence par l'océan, la courbe du milieu donc montre l'évolution au cours du dernier millénaire de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.
  - A l'état préindustriel, on constate que les échanges entre l'atmosphère et l'océan correspondent à deux flux dits bruts de sens opposés, avec une dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'océan proportionnel à la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et un dégazage proportionnel, lui, à la quantité de CO<sub>2</sub> dissous.
  - Notons que le CO<sub>2</sub>, une fois dissous dans l'océan, réagit avec les ions dans l'océan (carbonates) pour former du bicarbonate, le plus grand réservoir de carbone inorganique dans l'océan et est en connexion directe avec ce que l'on appelle la pompe biologique : l'absorption du carbone par les organismes vivants et contrôlée par le mélange océanique.
- ⇒ Durant l'ère anthropique, la perturbation anthropique, le CO<sub>2</sub> augmentant dans l'atmosphère, le flux descendant depuis l'atmosphère vers l'océan a donc fortement augmenté.
- Le flux compensatoire de l'océan vers l'atmosphère a lui aussi augmenté mais plus faiblement compte tenu du fait que le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère continue d'augmenter.
- ⇒ Ce déséquilibre, explique donc que les océans se comportent comme un puit net de CO<sub>2</sub> vis-à-vis de notre perturbation entropique.
- Différentes mesures de différents traceurs dans l'océan ont permis d'estimer la quantité totale de CO<sub>2</sub> intégrée par les océans sur toute la colonne d'eau.

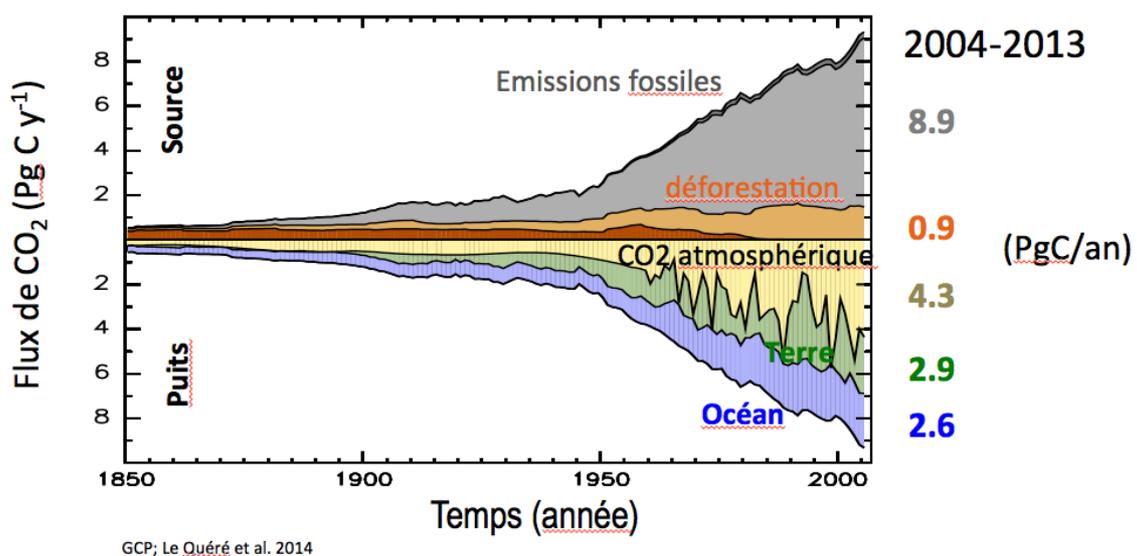


Source : IPCC; [Khatiwala et al. 2013](#)

- ⇒ Et donc, cette représentation pour la période 2010, montre que les océans auraient absorbé environ 150 pétagrammes de carbone depuis le début de l'ère industrielle avec une importance des variations spatiales très fortes privilégiant des zones où l'on a des plongées d'eau profonde très fortes telles que dans l'Atlantique Nord, où l'on a stocké énormément de CO<sub>2</sub> (exprimé ici en moles par mètre carré), des zones où l'on a des remontées d'eau profonde et où donc le stockage anthropique du carbone anthropique est plus faible.
- ⇒ Les mesures plus récentes sur les dernières décennies ont montré que ce puit augmentait fortement, notamment entre la décennie 90 et la dernière décennie, 2010.
- Pour la biosphère, nous avons un phénomène similaire, dit l'effet fertilisant du CO<sub>2</sub> atmosphérique.
  - Si l'on revient au principe de la photosynthèse, à gauche, les végétaux, plantes chlorophylliennes utilisent la lumière pour fixer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et fabriquer des chaînes carbonées.
- ⇒ Donc, le CO<sub>2</sub> atmosphérique est un substrat qui est parfois limitant
- ⇒ Augmenter le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère permet donc d'augmenter l'assimilation de carbone.
- On a réalisé sur différents écosystèmes des expériences grandeur nature appelées expériences FACE où l'on a doublé la concentration de CO<sub>2</sub> avec des parcelles témoins à côté.
- ⇒ Cela a permis de montrer une augmentation de la productivité primaire nette de ces écosystèmes entre 20 et 40 % selon les écosystèmes, avec une saturation au cours du temps
- ⇒ Ainsi donc, cet effet se combine aussi avec d'autres effets pour la biosphère continentale, notamment l'impact du changement climatique, l'augmentation des températures à la surface de la terre ou le changement de distribution des précipitations, influe directement sur le flux de photosynthèse mais aussi sur la dégradation du carbone stocké dans les sols, la matière organique des sols.
- De plus, nous avons aussi de par les activités humaines, différentes gestions des écosystèmes depuis un mode très extensif vers un mode très intensif où l'on fait des taillis à courte révolution pour les biocarburants.
- ⇒ L'impact de ces différents modes de gestion est important sur le stockage net de carbone.
- Enfin la disponibilité en nutriments autres que le carbone, notamment les dépôts d'azote liés à toute l'activité industrielle depuis le début de l'ère industrielle (la carte ci-dessous vous montre les zones de dépôt d'azote), ont aussi eu un rôle fertilisant.

- On estime que depuis le début de l'ère industrielle, environ 150 pétagrammes de carbone - comme pour les océans -, ont été stockés additionnellement par les écosystèmes terrestres et essentiellement par les forêts.
- Les variations temporelles et spatiales de ce puits sont néanmoins très incertaines et cela constitue un enjeu de recherche actuel très fort.
- Notons que pour les écosystèmes terrestres, un flux similaire concomitant temporellement, ou lié à la déforestation a émis aussi dans l'atmosphère - comme je l'ai mentionné au tout début-, à une quantité de carbone du même ordre de grandeur que ces 150 pétagrammes de carbone.

Ainsi donc, si l'on fait un bilan de la perturbation et de son évolution au cours du temps, la partie supérieure de ce graphique montre les émissions liées aux combustions fossiles et à la déforestation estimée à environ 10 milliards de tonnes de carbone par an actuellement et la partie en dessous du graphique va montrer le devenir de ce carbone dans l'atmosphère.



- Tout d'abord, les mesures atmosphériques ont permis de quantifier la quantité stockée, environ 4 milliards de tonnes de carbone par an.
- ⇒ Cette quantité est très variable d'année en année et augmente au cours du temps.
- Des mesures dans l'océan ont ensuite permis de quantifier la quantité de ce carbone anthropique réabsorbé par les océans.
- ⇒ Il est beaucoup moins variable dans le temps et bien sûr, comme je l'ai expliqué par les mécanismes précédents, cette quantité de carbone stocké augmente au cours du temps.
- ⇒ Par différence, on a donc pu déduire la quantité stockée dans les écosystèmes terrestres qui elle, est très variable cours des années.

- Ce graphique représente le bilan global avec donc un puit océanique pour la dernière décennie relativement élevé (d'environ 2,6 milliards de tonnes de carbone par an), les mécanismes contrôlant la variabilité temporelle de ce puit de carbone par bassin, notamment aussi l'impact des structures de la dynamique à petite échelle, des tourbillons, restent encore méconnus, incertains et constituent des enjeux de recherche, ainsi que l'impact du réchauffement et de l'acidification des océans sur le fonctionnement de la pompe biologique.
  - Pour la biosphère continentale, les enjeux consistent à :
    - quantifier l'importance relative des différents mécanismes contribuant au stockage de carbone pour les différents écosystèmes ;
    - à mieux comprendre le devenir du carbone stocké dans le permafrost des hautes latitudes actuellement ;
    - à comprendre l'impact des extrêmes climatiques sur ce stockage de carbone ;
- et enfin de mieux quantifier les flux latéraux de carbone entre le réservoir terre et de l'océan.