



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.

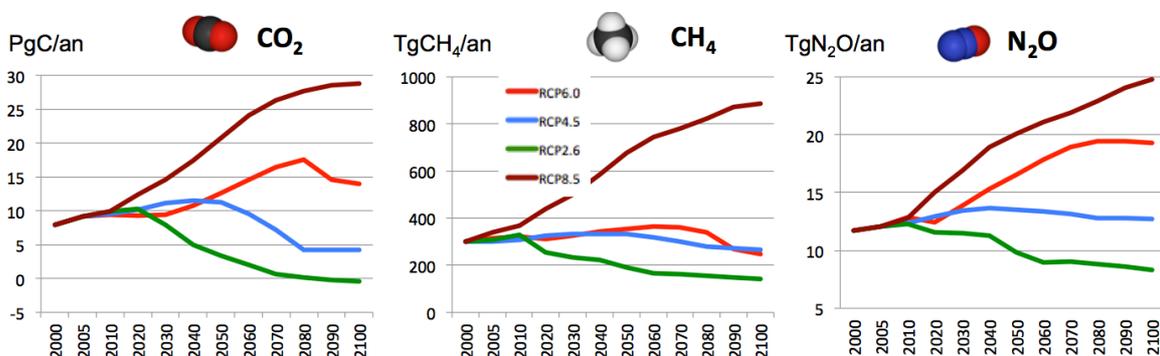
Gaz à effet de serre et climat futur

Laurent BOPP

Directeur de recherche – CNRS

Dans cette vidéo, je vais vous présenter la façon dont les gaz à effet de serre vont évoluer au cours des prochaines décennies dans l'atmosphère, de leur impact sur le climat et de la façon dont gaz à effet de serre et climat sont couplés.

Sur ce premier transparent, vous avez le premier élément qui nous permet de continuer à nous intéresser à la façon dont les gaz à effet de serre évoluent dans l'atmosphère : ce sont les émissions et l'évolution des émissions des trois principaux gaz à effet de serre au cours des prochaines décennies.



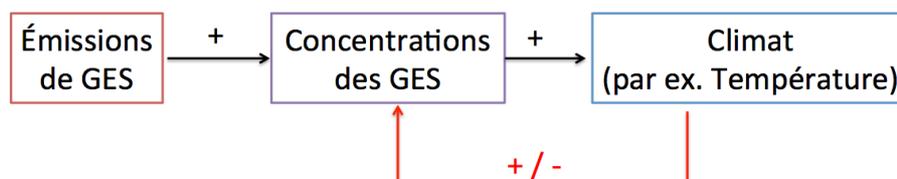
⇒ Sur la gauche, vous avez les émissions de dioxyde de carbone qui peuvent évoluer de quelques 10 milliards de tonnes de carbone jusqu'à plus de 30 milliards de tonnes de carbone dans le cas d'un scénario O.

⇒ Sur le centre de ce transparent, vous avez l'évolution des émissions de méthane.

- ⇒ Sur la droite, les émissions de protoxyde d'azote.
- Ces scénarios sont construits à partir d'hypothèses socio-économiques sur la démographie, sur l'avancée de certaines technologies ou sur la mise en place de politiques d'atténuation des gaz à effet de serre et ces scénarios sont ceux qui vont servir à forcer les modèles du système climatique pour projeter l'évolution du climat.
- ⇒ C'est ce que vous avez ici sur cette deuxième planche : les émissions de gaz à effet de serre et ici de CO₂ sur la gauche et à droite la façon dont réagit le système climatique, ici la température globale.
- Ce que vous découvrez sur ce transparent, c'est effectivement qu'au premier ordre, pour un scénario 0 d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, vous avez un réchauffement important du système climatique et pour un scénario où les émissions sont moindres, comme dans le scénario bleu, vous avez un réchauffement moindre également. La température ne dépasse pas plus de 2 degrés par rapport au préindustriel.
- Et c'est simplement l'effet de serre, l'augmentation de l'effet de serre qui explique ce lien de premier ordre entre augmentation des émissions, augmentation des concentrations d'abord et puis changement climatique, ici dont témoigne l'augmentation de la température.

Ce que j'aimerais vous montrer maintenant, c'est que les gaz à effet de serre, le système des gaz à effet de serre et le système climatique sont couplés.

- En effet, le climat peut influencer directement l'évolution des concentrations de gaz à effet de serre et donc on voit bien que si le climat amplifie l'augmentation des gaz à effet de serre, on va se retrouver dans le cas d'une rétroaction positive.
- ⇒ Plus vous avez de gaz à effet de serre, plus le climat change, plus il influence l'évolution des gaz à effet de serre de façon positive.
- ⇒ Si au contraire le climat réduit l'augmentation des gaz à effet de serre, dans ce cas-là on est dans une boucle de rétroaction négative.



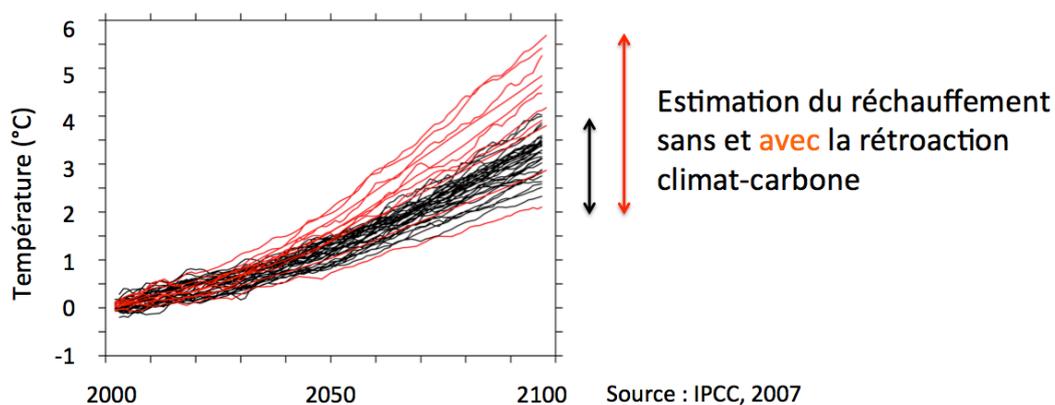
Je vais vous décrire une boucle de rétroaction positive en m'intéressant au couplage entre le système climatique et le cycle du carbone.

- Les puits de carbone naturels, l'océan et la biosphère terrestre, absorbent aujourd'hui à peu près 50 % des émissions anthropiques.

- Le climat répond à l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère qui lui est causé par ces émissions anthropiques.
- ⇒ Mais le climat peut modifier la façon dont les puits absorbent le CO₂ et donc l'efficacité des puits de CO₂. C'est le cas pour l'océan.
- Premier processus très simple, parce que l'océan se réchauffe, la solubilité du gaz dioxyde de carbone dans l'océan diminue et l'océan est capable d'absorber moins de CO₂.
- Pour la biosphère terrestre également, certains processus peuvent expliquer pourquoi le climat, le changement de climat, réduit l'efficacité de ce puits à absorber du CO₂.
- ⇒ On peut citer le fait qu'une augmentation de température va favoriser la reminéralisation du carbone organique dans les sols et donc une libération de CO₂ vers l'atmosphère.
- ⇒ On peut aussi citer comme exemple de processus le fait que le changement du climat peut conduire, dans certaines régions, à une augmentation du stress hydrique et donc à une diminution de la production par les plantes de la biosphère continentale.

Avec des modèles de climat couplant système climatique et cycle du carbone, les scientifiques ont pu s'intéresser à la façon dont cette boucle de rétroaction positive allait induire un réchauffement additionnel d'ici la fin du siècle.

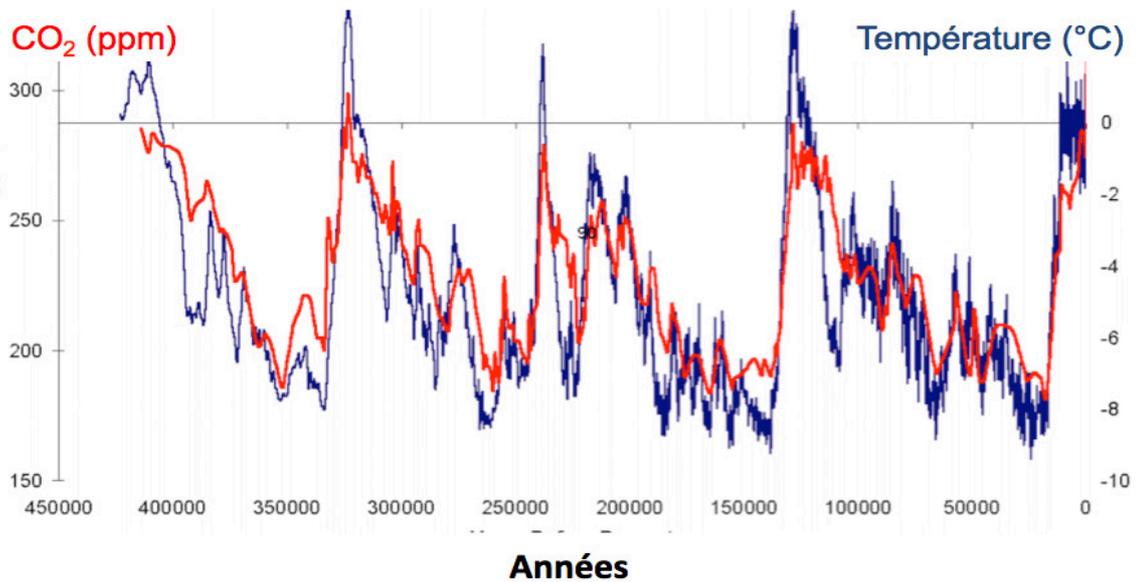
- C'est ce que vous avez sur ce transparent avec en noir une augmentation des températures qui répond à une augmentation des émissions, importantes certes, mais simulations dans lesquelles vous n'avez pas de rétroaction entre climat et cycle du carbone.



- Et en rouge, vous avez une augmentation des températures dans le cas où vous avez cette rétroaction positive entre climat et cycle du carbone et on se rend compte qu'avec cette rétroaction positive, le changement de température à la fin du siècle pourrait être de 1,5°C plus important que ce qu'il est sans cette rétroaction positive entre cycle du carbone et changement climatique.

Avons-nous des indices dans les climats du passé ou au cours des dernières décennies qui nous indiquent qu'effectivement climat et cycle du carbone, climat et CO₂ sont couplés ?

- Alors, le premier indice peut-être nous vient des cycles glaciaires - interglaciaires, au cours du dernier million d'années.
- ⇒ C'est ce que nous avons sur cette figure, depuis à peu près 500 000 ans jusqu'à aujourd'hui, CO₂ et température ont évolué en phase avec des valeurs importantes du CO₂ atmosphérique pendant les périodes interglaciaires (en haut des courbes) et des valeurs faibles du CO₂ pendant les périodes glaciaires (en bas des courbes).



- Si le CO₂ explique en partie les transitions glaciaires - interglaciaires, ce sont les variations du climat entre les transitions glaciaires - interglaciaires qui expliquent les variations du CO₂.
- ⇒ Donc on a bien un exemple où les variations du climat influencent directement le cycle du carbone et le CO₂ atmosphérique.
- Alors même si c'est un exemple classique de couplage entre climat et CO₂, les cycles glaciaires - interglaciaires ne sont pas des bons analogues pour essayer d'expliquer ou de comprendre ce qui pourraient se passer au cours des prochaines décennies.
- ⇒ En effet les échelles de temps sont assez différentes et les processus impliqués sont également assez différents.
- ⇒ Dans le cas des variations glaciaires - interglaciaires, c'est l'océan profond - et donc sur des échelles de temps assez longues -, qui est responsable du stockage ou du déstockage de carbone.
- Alors, autre échelle de temps peut-être plus intéressante en ce qui concerne les prochaines années ou les prochaines décennies, ce sont les variations du CO₂ sur des échelles interannuelles, d'année en année.

- ⇒ Et ici, vous avez deux courbes qui vous montrent en marche d'escalier l'évolution des émissions de carbone anthropique et puis en gris plus foncé, ce sont les évolutions du taux de croissance du CO₂ atmosphérique.
- ⇒ Et on voit bien il n'y a pas de relation directe entre le taux de croissance du CO₂ dans l'atmosphère et les émissions anthropiques.
- En fait, le taux de croissance est plus ou moins important d'une année à l'autre, pas parce que les émissions anthropiques sont importantes mais parce que le climat varie de façon naturelle d'une année à l'autre.
- Les scientifiques ont pu mettre en relation les taux de croissance élevés certaines années, avec l'existence de phénomènes climatiques naturels, les événements El Nino.
- ⇒ Dans le cas de l'événement El Nino, le CO₂ augmente plus vite dans l'atmosphère et ça c'est parce que les événements El Nino conduisent dans certaines régions du globe à des variations climatiques importantes, par exemple des sécheresses (c'est le cas en Indonésie ou en Australie), qui vont conduire à un dégazage de carbone par la végétation par les sols.
- Donc, encore une fois, sur ces échelles de temps, on a une relation entre CO₂ et climat.
- ⇒ Les variations du climat, cette fois-ci naturelles, influencent la façon dont le CO₂ évolue dans l'atmosphère.

J'ai discuté ici d'une boucle de rétroaction entre climat et cycle du carbone et en particulier le climat et CO₂. D'autres gaz à effet de serre présentent aussi des boucles de rétroaction potentielles.

- C'est le cas du méthane : son augmentation est évidemment liée à la façon dont les activités humaines libèrent du méthane, mais certains réservoirs de méthane importants dans le système terrestre pourraient évoluer en réponse aux changements climatiques.
- ⇒ C'est le cas par exemple des réservoirs liés aux hydrates de méthane que l'on trouve dans les sédiments océaniques à assez grande profondeur, des modifications par exemple de la température de l'eau ou de la pression pourraient modifier la façon dont ce méthane est libéré et donc peut rejoindre l'atmosphère.
- Autre réservoir qui peut-être pose encore plus question pour l'évolution des concentrations de méthane au cours des prochaines décennies, c'est le réservoir de permafrost.
- ⇒ Une évolution des températures, un dégel des sols gelés en Sibérie par exemple, pourrait conduire à une libération de méthane et donc à une rétroaction positive du système climat - méthane.

Voilà, ces quelques exemples, CO₂ et méthane nous montrent que climat et cycles biogéochimiques, en particulier cycle du carbone via le CO₂ et le méthane sont imbriqués, sont couplés et que pour projeter l'évolution de ce système couplé, on a besoin de connaître les processus qui interagissent entre climat et cycles biogéochimiques.