



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Conférence débat de l'Académie des sciences
INGÉNIERIE CLIMATIQUE PLANÉTAIRE

Mardi 25 juin 2013 de 14h30 à 17h00

Organisateurs :

Jean-Claude DUPLESSY et Jean-Claude ANDRÉ
de l'Académie des sciences



**Académie
des sciences**

14 h 30 Introduction
Jean-Claude ANDRÉ, Académie des sciences

14 h 35 Ensemencement atmosphérique
Olivier BOUCHER, Laboratoire de Météorologie
Dynamique, Université Pierre et Marie Curie, Paris

**Grande
salle
des séances**

14 h 55 Fertilisation océanique
Stéphane BLAIN, Observatoire Océanologique de
Banyuls-sur-mer

**Palais de
l'Institut de
France**

15 h 15 Absorption du CO₂ par la biosphère continentale
Philippe CIAIS, Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement, Université de Versailles Saint-Quentin-
en-Yvelines, Gif-sur-Yvette

15 h 35 Stockage géologique du CO₂
Olivier VINCKE, Institut Français du Pétrole Énergies
nouvelles, Rueil-Malmaison

15 h 55 Géoingénierie et complexité du système climatique
Hervé LE TREUT, Académie des sciences

**23, quai de
Conti
75006 Paris**

16 h 15 Discussion

16 h 35 Conclusion
Jean-Claude DUPLESSY, Académie des sciences

Ensemencement atmosphérique

Olivier BOUCHER, *Laboratoire de Météorologie Dynamique, IPSL, CNRS/UPMC, Paris, France*

Un certain nombre de méthodes ont été proposées qui visent à diminuer la quantité de rayonnement solaire absorbé par le système climatique et refroidir ainsi artificiellement le climat. Parmi ces méthodes de « gestion du rayonnement solaire », deux méthodes retiennent plus particulièrement l'attention. La première repose sur l'injection d'aérosols ou de précurseurs d'aérosols dans la stratosphère afin de réfléchir ou absorber le rayonnement solaire à la manière des aérosols volcaniques. La seconde s'appuie sur l'injection d'aérosols de sels marins dans la basse atmosphère au-dessus des océans, dans le but de rendre les nuages plus réfléchissants. Nous nous appuyons sur des considérations physiques et des simulations numériques du climat pour évaluer le degré de réalisme, le potentiel mais aussi les limitations, les effets collatéraux et les risques associés à ces méthodes.

Fertilisation océanique

Stéphane BLAIN, *Observatoire Océanologique de Banyuls sur mer*

La fertilisation océanique des océans a été proposée dès la fin des années 80 comme une possible technique de géo-ingénierie climatique permettant de réduire la quantité de CO₂ présente dans l'atmosphère. L'idée générale est de stimuler artificiellement la pompe biologique de CO₂ océanique.

Cette stimulation n'est possible que dans certains océans où la croissance du phytoplancton est limitée par les faibles concentrations d'un élément nutritif. Durant les 20 dernières années, une douzaine d'expériences scientifiques de fertilisation par le fer ont été réalisées à l'échelle de quelques dizaines de kilomètres carrés dans différents océans. Elles ont toutes démontré un transfert accru du CO₂ de l'atmosphère vers l'océan dans les zones fertilisées. Toutefois l'efficacité du procédé pour stocker du carbone dans l'océan n'est pas établie. Les résultats des expériences et des modélisations numériques divergent sur ce point. De plus, de nombreuses questions se posent sur les possibles effets secondaires de fertilisation à grande échelle (extension de zones d'anoxie, apparition d'espèces de phytoplancton toxiques...). Malgré ces grandes inconnues et incertitudes, un consortium privé a cependant réalisé récemment, avec un objectif de géoingénierie, une opération de fertilisation artificielle de taille inégalée au large du Canada.

Absorption du CO₂ par la biosphère continentale

Philippe CIAIS, *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/
Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Gif-sur-Yvette*

La géo-ingénierie biologique regroupe un grand nombre de propositions technologiques pour augmenter à grande échelle les puits de carbone dans l'océan et dans la biosphère continentale. Dans cet exposé, on présentera les puits de carbone actuels et leur évolution future en lien avec les changements climatiques et l'usage des sols. Ensuite, on présentera les propositions d'ensemencement des océans avec des nutritifs, la plantation de forêts à grande échelle ou l'augmentation de la séquestration du carbone dans les sols. Les incertitudes, la stabilité de ces puits de carbone intentionnels, les effets induits sur le fonctionnement du cycle du carbone seront discutés. En comparaison, les réductions d'émissions de CO₂ fossile pour réduire l'amplitude du réchauffement climatique seront évoquées, pour mettre en perspective les effets potentiels de la géo-ingénierie biologique.

Stockage géologique du CO₂

Olivier VINCKE, *Institut Français du Pétrole Énergies nouvelles,
Rueil-Malmaison*

Le changement climatique a fait l'objet de nombreux débats au cours de ces dernières années.

Aujourd'hui le constat est partagé : la Terre se réchauffe anormalement et la plupart des experts relie ce dérèglement aux émissions de gaz à effet de serre, et tout particulièrement de CO₂, lesquelles ont fortement augmenté au cours des récentes décennies.

Les scénarios établis par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) montrent que la teneur en CO₂ pourrait passer d'une valeur de l'ordre de 360 ppm actuellement, à une valeur qui, en l'absence de mesures, pourrait dépasser 1000 ppm d'ici la fin du siècle, avec des risques considérables de changement climatique. Si aucune mesure n'est prise, les experts prévoient une augmentation moyenne de la température de 2 à 6°C d'ici 2100 et une élévation du niveau de la mer de 9 à 88 cm, avec en conséquence des canicules, des inondations, des modifications de la faune et de la flore...

Parmi l'éventail des mesures permettant de lutter efficacement contre le changement climatique, la filière capture, transport et stockage du CO₂ dispose du plus gros potentiel de réduction massive des émissions de CO₂ à court et moyen terme.

La recherche et l'industrie disposent de méthodologies développées notamment pour l'exploration pétrolière adaptées au stockage géologique du CO₂, capables de fournir les éléments pour la mise en œuvre à l'échelle industrielle d'un stockage géologique du CO₂ et la maîtrise des impacts sur quelque 1000 ans.

*Contact : Académie des sciences – Institut de France
Service des séances – sandrine.chermet@academie-sciences.fr*

En s'appuyant sur des exemples de pilotes de stockage, l'exposé de ce jour abordera et donnera des éléments de réponse aux questions suivantes :

- quels sont les critères essentiels pour permettre un stockage viable du CO₂ ?
- dans quels types de structures géologiques peut-on stocker le CO₂ et en quelle quantité ?
- comment transporter et sous quelle forme injecter le CO₂ ?
- que devient le CO₂ une fois injecté dans le réservoir ?
- le CO₂ peut-il s'échapper du réservoir. Si oui, quelle en seraient les conséquences ?
- comment maîtriser les risques ? Quels sont les "éléments de la structure" à étudier, à modéliser avant l'injection de CO₂ ? Quels éléments requièrent un suivi au cours de la vie du stockage (pendant et après l'injection de CO₂) ?
- qu'apportent les modélisations ? Quelles sont les modélisations réalisées et à quelle échelle ?
- qu'apportent pilotes et démonstrateurs ?
- comment appréhender les problématiques non techniques : aspects économiques, réglementaires et d'acceptabilité sociétale ?

Géo-ingénierie et complexité du système climatique

Hervé LE TREUT, *Académie des sciences*

Une composante importante du travail de la communauté des sciences du climat au cours des dernières décennies, a été de déterminer si la croissance continuellement accélérée des émissions de gaz à effet de serre après la deuxième guerre mondiale était susceptible de modifier le climat de la Terre. La correspondance des structures globales du réchauffement anticipé par les modèles depuis les années 70 (réchauffement plus fort aux pôles et sur les continents, refroidissement de la stratosphère) avec la structure des changements observés au cours des dernières décennies, une meilleure connaissance des structures globales caractéristiques de la variabilité naturelle du climat, constituent autant d'éléments qui laissent désormais très peu de place au doute sur la réalité de ce risque – dont les conséquences majeures sont à venir.

Dans les conditions démographiques et politiques actuelles, une limitation suffisante des émissions de gaz à effet de serre paraît hors d'atteinte, et la poursuite de ces évolutions paraît inéluctable. Il est important de s'y confronter en développant des techniques d'adaptation, et la géo-ingénierie est aussi souvent invoquée comme un remède possible. L'adaptation comme la géo-ingénierie seront néanmoins confrontées aux limites de nos capacités de prédiction futures : la quantification précise des évolutions futures, leur impact régional, restent tributaires d'incertitudes de natures très différentes : recherche encore insuffisante sur des processus physiques critiques (nuages, albedo), imprévisibilité de certaines structures dynamiques dans les circulations atmosphériques et océaniques, rôle important de composantes encore difficiles à modéliser (végétation...),etc. Ces incertitudes ont un impact sur les conditions d'un recours à la géo-ingénierie.

*Contact : Académie des sciences – Institut de France
Service des séances – sandrine.chermet@academie-sciences.fr*