

Incertitudes climatiques

Décembre 2018

www.laquestionclimatique.org

© Terre & Climat

Le GIEC, Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (en anglais IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) est issu de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Il comporte trois groupes de travail et une Task Force.

Le Groupe de travail 1 est le groupe scientifique, les autres sont socio-politico-économiques.

Ses alertes, parfois contestées, méritent d'être analysées à la lumière des connaissances établies.

Evolution historique du climat

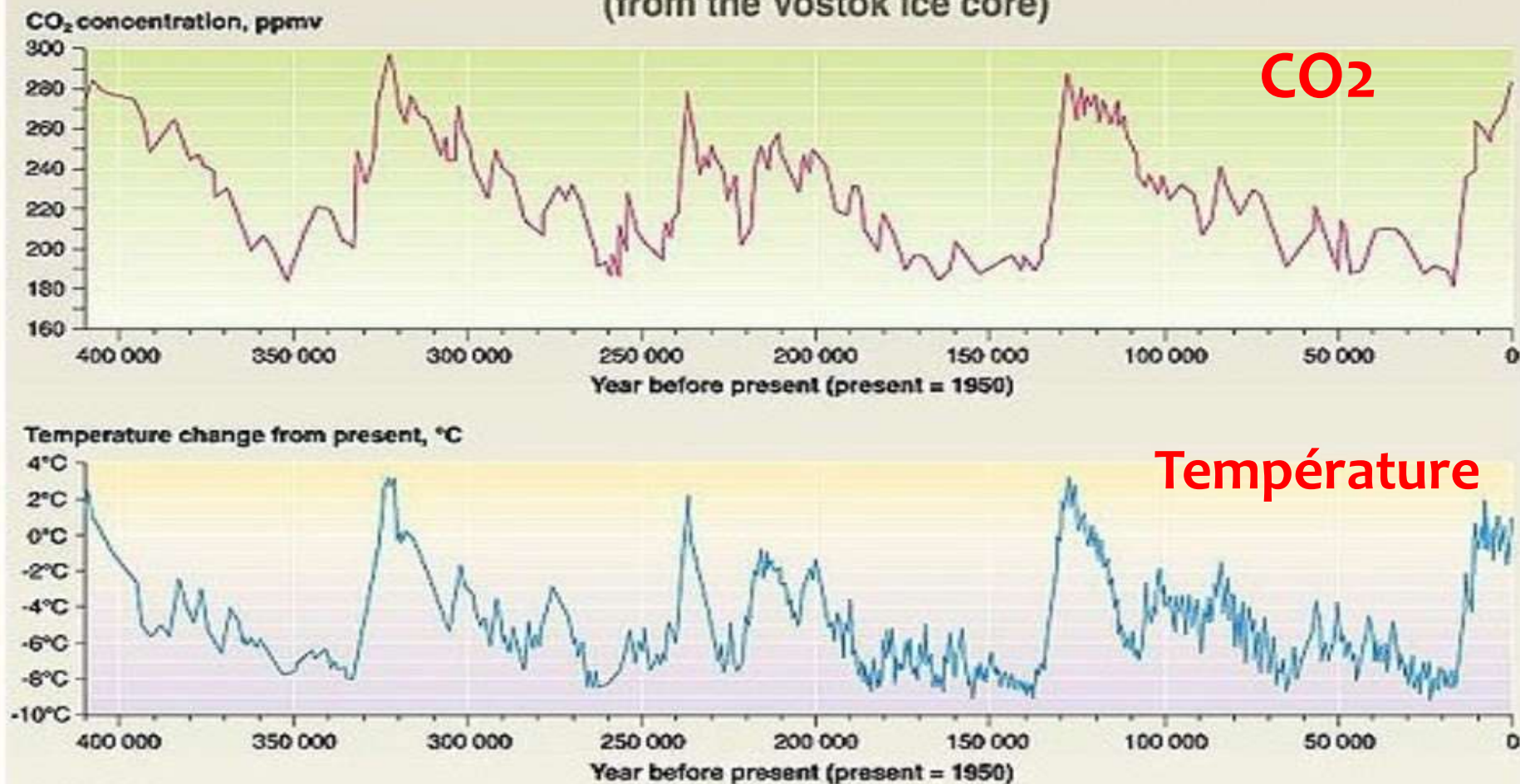
L'analyse des bulles d'air emprisonnées dans la glace de forage des calottes polaires (par ex. à la base Vostok en antarctique) permet de retracer l'histoire du dioxyde de carbone et du méthane, sur des périodes allant de quelques dizaines d'années à 400 000 ans, incluant ainsi plusieurs cycles climatiques.

La température de la neige au moment du dépôt est enregistrée dans la carotte par la composition isotopique de la glace, que ce soit O_{18} (isotope naturel de l'oxygène) ou le deutérium (hydrogène lourd).

Cet enregistrement permet d'identifier les stades climatiques glaciaires et interglaciaires qui alternent selon une périodicité d'environ 100 000 ans.

A une température plus élevée correspond toujours une teneur plus élevée dans l'atmosphère du gaz carbonique CO_2 et du méthane CH_4 .

Temperature and CO₂ concentration in the atmosphere over the past 400 000 years (from the Vostok ice core)



CRUI
Arendal UNEP

GRAPHIC DESIGN : PHILIPPE RENARDIERE

Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, *Nature* 399 (3 June), pp 429-435, 1999.

Variations de la température moyenne et du CO₂ à VOSTOK depuis 400 000ans

<http://co2climate.e-monsite.com/pages/variations-de-la-temperature-moyenne-de-la-terre-au-cours-des-millennaires.html>

L'augmentation rapide du CO₂ il y a 130 000 ans ou 320 000 ans n'est bien évidemment pas due à une activité industrielle. Sa décroissance est ensuite beaucoup plus lente. C'est plus probablement le réchauffement sur une amplitude totale d'une dizaine de degrés centigrades qui a provoqué le dégazage des océans (CO₂) et des zones humides ou marécageuses (CH₄) et accru la teneur de ces gaz dans l'atmosphère. Un effet rétroactif positif n'est pas exclu, le CO₂ dégazé pouvant contribuer à son tour par « effet de serre » à la température.

Effets astronomiques

A l'échelle des milliers d'années, le climat change en fonction de l'excentricité de l'orbite terrestre (période d'environ 100 000 ans), de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre par rapport au plan de l'orbite (période d'environ 40 000 ans) et de la précession des équinoxes (période d'environ 20 000 ans) ainsi que des fluctuations de l'activité du soleil, dont le cycle connu de 11 ans.

Dans une période récente, il est établi qu'un « petit âge glaciaire » a sévi entre le 14^{ème} et le 19^{ème} siècle, entraînant des hivers rigoureux parfois, pour une diminution de température estimée de l'ordre de 1°C.

Les grandes variations passées sont notables à l'échelle de siècles. Si nos activités modernes entraînent des variations sensibles à l'échelle de décennies seulement, il y aurait lieu d'être prudents.

Nous sommes à présent sur le sommet d'un pic chaud interglaciaire. Cela tombe plutôt mal.

Teneur en CO₂ de l'atmosphère et température actuelles

Depuis l'invention du thermomètre, des mesures précises de la température ambiante ont pu être effectuées. Il est consacré beaucoup de moyens à établir une moyenne mondiale et des données régionales fiables par d'innombrables mesures sur l'ensemble de la planète.

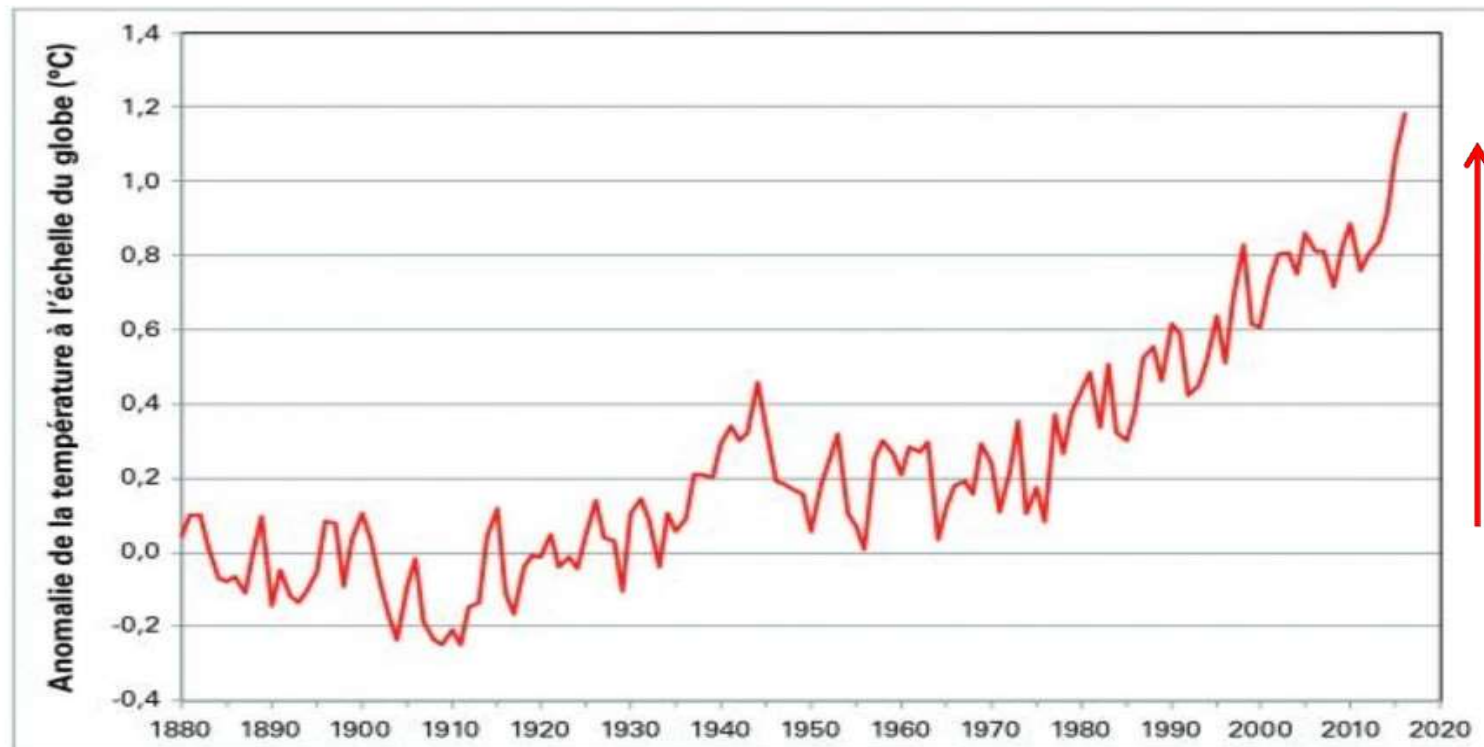
On constate une augmentation de 1° C sur la période moderne considérée.



OMM - Organisation Météorologique Mondiale

Déclaration provisoire sur l'état du climat mondial en 2016

Anomalies de la température depuis la fin de l'ère pré-industrielle

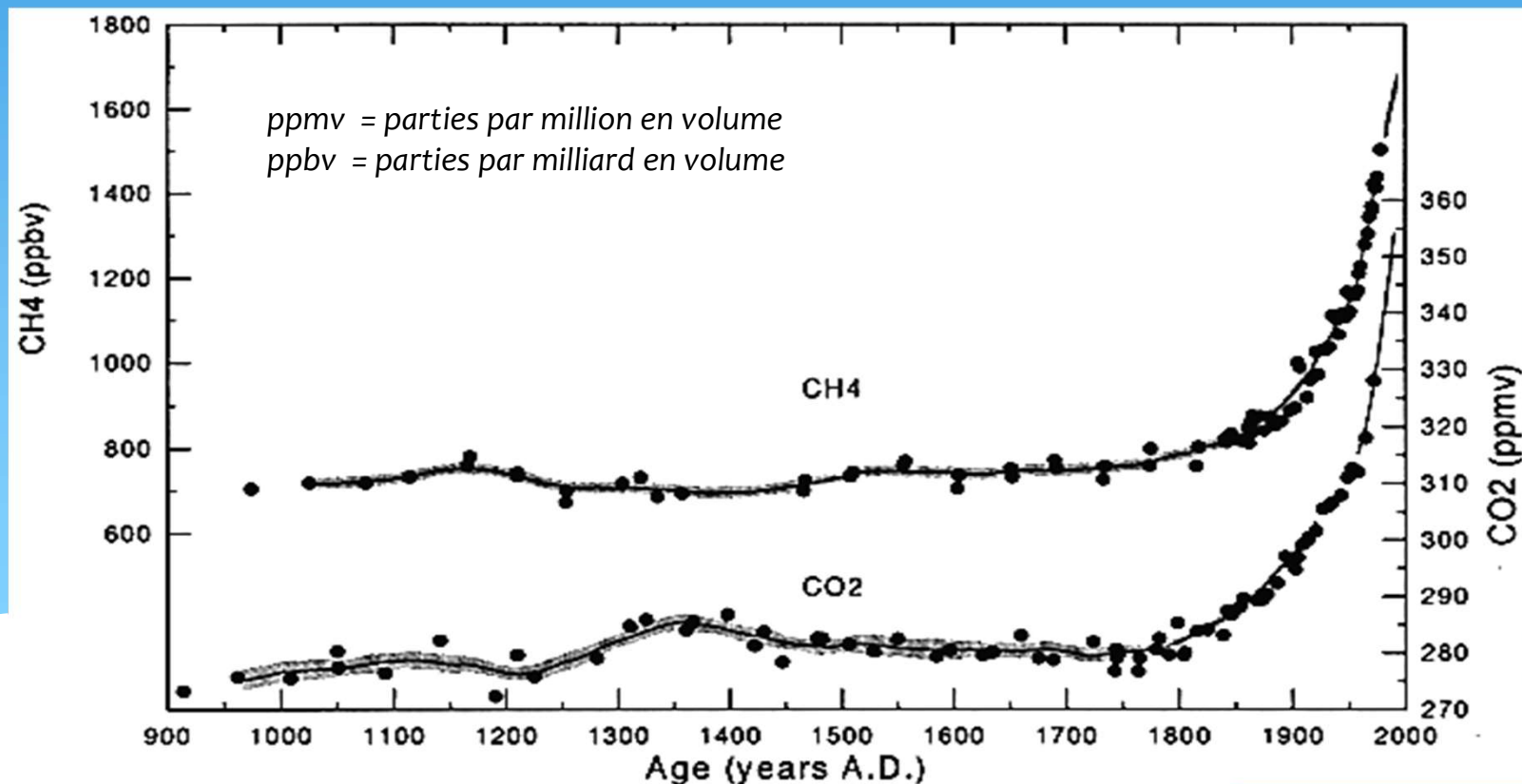


Données: NOAA, NASA, UK Met Office/CRU

La variation des teneurs en gaz à effet de serre par analyse des carottes glaciaires ou par mesure directe à une époque récente ou contemporaine apparaît globalement corrélée avec la température.

Mais il n'y a pas eu de variation de température de **1940 à 1980** quand la teneur en CO_2 et CH_4 augmentait.

Il reste de toute façon à déterminer de façon fiable quelle est la cause et quelle est la conséquence.



Energie solaire

« L'énergie solaire apporte + de 99.9% de l'énergie totale utilisée par le climat »

(cours de licence CO1 – Climatologie et hydrologie, le rayonnement solaire (Barbero) Université Aix Marseille)

L'énergie solaire arrive sous forme de rayonnement solaire. L'œil en perçoit la partie visible, ce qui représente 40% de cette énergie. Le reste se distribue dans l'infrarouge proche (50%) et dans l'ultraviolet (10%).

La planète Terre est à l'équilibre : elle est chauffée en absorbant 235 watts par m^2 , elle perd la même quantité d'énergie sous forme de rayonnement infrarouge (réémis) vers l'espace.

Impact de l'activité humaine

Les scénarii économiques relatifs à l'évolution de la composition de l'atmosphère sur le siècle prochain conduisent à des prévisions très différentes selon qu'on se place dans une hypothèse basse ou haute de la consommation. Un scénario classique proposé aux scientifiques est celui qui conduit, à l'échelon de quelques décennies à une situation qui équivaut à un doublement de la quantité de CO_2 , tous les autres gaz à effet de serre restant constants. C'est le scénario $2 \times \text{CO}_2$.

L'ensemble des modèles montre que cette situation conduirait à une augmentation de 4 watts par m^2 de chauffage supplémentaire. Si l'ensemble des autres paramètres restait fixe, excepté bien sûr le CO_2 qui aurait doublé, ce chauffage supplémentaire conduirait à une augmentation de la température moyenne d'environ 1°C . En fait, suite à ce réchauffement, les différents termes mis en jeu dans l'équilibre climatique peuvent changer et le réchauffement final atteint, lorsque le nouvel équilibre énergétique se sera établi, peut être soit supérieur (rétroaction positive), soit inférieur (rétroaction négative) au $+1^\circ\text{C}$ initial; mais, de toute façon, il y a réchauffement. L'estimation de l'ensemble des rétroactions est délicate et varie selon les différents modèles. Le réchauffement final calculé par l'ensemble des modèles se trouve dans une fourchette allant de 1°C à 4°C .

Le doublement de CO_2 ne se traduirait pas par un doublement des 50 Watts par m^2 lié à l'effet de serre naturel introduit par le CO_2 , mais par une augmentation de cette quantité d'environ du dixième (4 watts par m^2) parce que l'absorption par le CO_2 est saturée et n'augmente donc plus de façon linéaire quand on augmente la quantité de CO_2 .

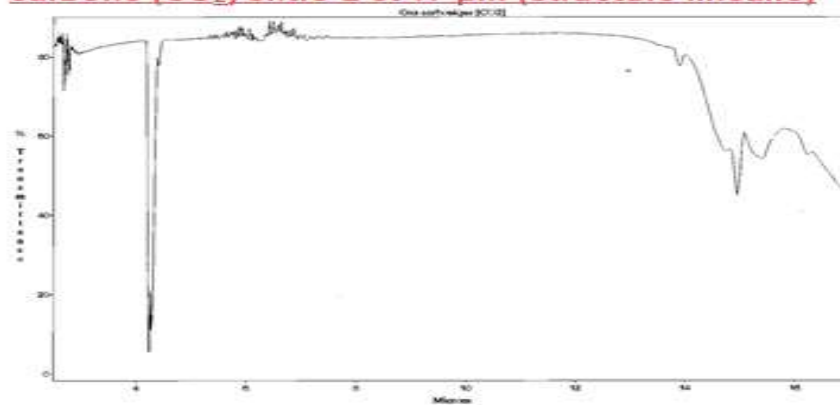
Absorption par l'atmosphère du rayonnement infrarouge

L'analogie avec **l'effet de serre**, mal nommé, est trompeuse. Dans une serre, le réchauffement s'explique essentiellement par l'absence de convection (l'air chaud ne peut pas sortir) et non par l'absorption par l'air des radiations infrarouges émises par le soleil ou la terre.

La puissance reçue du soleil sous forme de rayonnement au spectre de longueurs d'onde très large, avec un maximum dans le visible, est quasiment constante. Environ 30 % de cette énergie est réfléchiée par les glaces, les nuages, les déserts, les océans, le sol,...

L'oxygène et l'azote de l'air n'absorbent pas les infrarouges mais les gaz dont les molécules possèdent des dissymétries s'échauffent par excitation et absorbent les rayonnements compris entre 0,8 et 15 microns de longueur d'onde (Infrarouge proche à moyen).

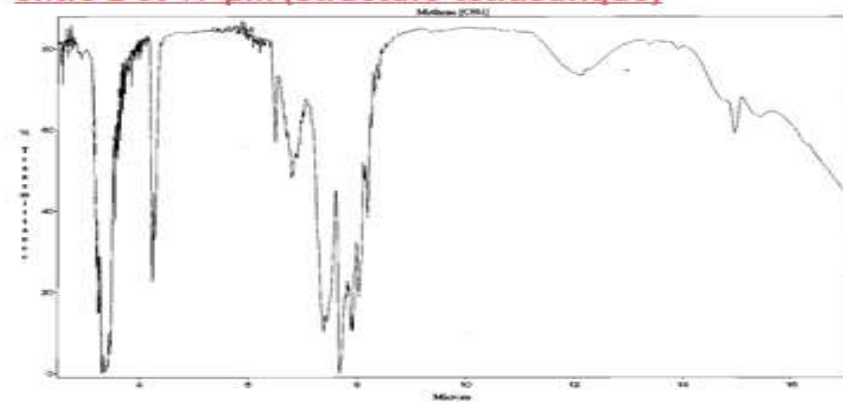
Figure 3. Spectre d'absorption du dioxyde de carbone (CO_2) entre 2 et 17 μm (structure linéaire)



Droits réservés - © 2003 Jacques Gentili

Mesures effectuées au Laboratoire de Sciences de la Matière, ENS Lyon.

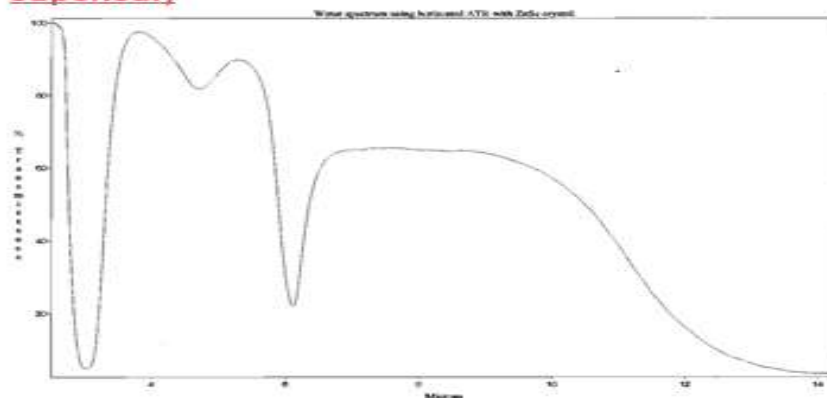
Figure 4. Spectre d'absorption du méthane (CH_4) entre 2 et 17 μm (structure tétraédrique)



Droits réservés - © 2003 Jacques Gentili

Mesures effectuées au Laboratoire de Sciences de la Matière, ENS Lyon.

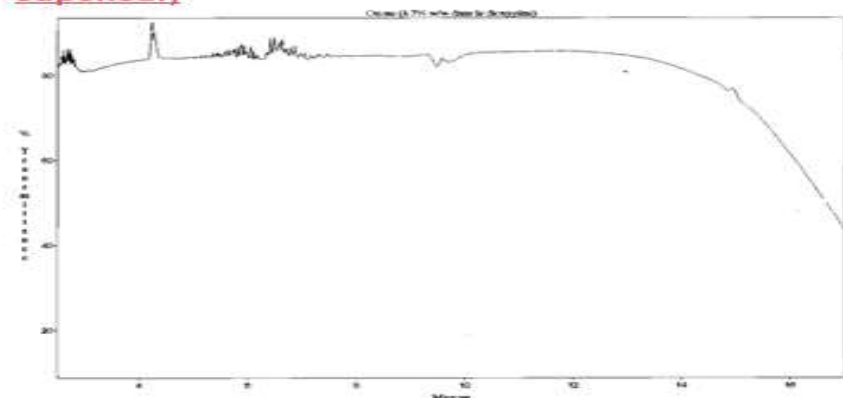
Figure 5. Spectre d'absorption de l'eau (H_2O) entre 2 et 15 μm (structure sans symétrie d'ordre supérieur)



Droits réservés - © 2003 Jacques Gentili

Mesures effectuées au Laboratoire de Sciences de la Matière, ENS Lyon. $y = 0$ à 100 % $x = 2$ à 14 microns

Figure 6. Spectre d'absorption l'ozone (O_3) entre 2 et 17 μm (structure sans symétrie d'ordre supérieur)



Droits réservés - © 2003 Jacques Gentili

Mesures effectuées au Laboratoire de Sciences de la Matière, ENS Lyon.

*L'effet de serre naturel est principalement dû à **H₂O** et **CO₂**.*

Compte tenu des concentrations actuelles de ces gaz dans l'atmosphère, aux longueurs d'onde considérées, l'absorption du rayonnement est totale. Une augmentation de concentration de ces gaz ne conduit pas alors à une augmentation proportionnelle de l'absorption (la relation n'est pas linéaire). Ceci explique que le doublement du gaz carbonique de 350 ppmv (parties par million en volume) à 700 ppmv ne conduise qu'à un apport d'énergie supplémentaire de 4 W/m² alors que l'effet actuel (qui correspond à un passage de 0 ppmv à 350 ppmv) est d'environ 50 W/m² ()*

(*) Loi de Beer-Lambert-Bouguer, décroissance exponentielle en fonction de la concentration

Des constituants moins abondants comme le méthane (1,8 ppmv), l'ozone (0,04 ppmv) ou les CFC (0,003 ppmv) peuvent *in fine* jouer un rôle relatif important dans l'effet de serre additionnel dans la mesure où leurs bandes d'absorption sont situées à des longueurs d'onde différentes de celles de H₂O et CO₂.

A masse égale relâchée aujourd'hui dans l'atmosphère, le méthane a un pouvoir de piégeage du rayonnement 56 fois supérieur à celui du CO₂, l'ozone 1 200 fois et les CFC entre 4 000 et 8 000 fois.

(Benoît Urgelli, ENS Lyon / DGESCO Gilles Delaygue, Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, Aix en Provence)

ppmv = parties par million en volume

W = Watt

CFC = Chlorofluorocarbones (Fréon, gaz réfrigérants)

La teneur en CO_2 actuelle est de 391 ppmv (en 2011, rapport GIEC).
Mais la vapeur d'eau H_2O est présente à une teneur plus élevée que le CO_2 dans l'atmosphère.

Ainsi, avec une température moyenne planétaire établie à 15°C , l'humidité relative moyenne conduit à environ 4 fois plus d'eau (en masse) dans l'atmosphère que de CO_2 . (d'après M.A. Mélières – LGGE Grenoble)

Ce qui correspond en volume (ppmv) à 10 fois plus de vapeur d'eau que de CO_2 .

Remarquer que si la teneur en CO_2 dans l'atmosphère est considérée comme stable et homogène, la teneur en vapeur d'eau, elle, dépend d'innombrables facteurs (lieu, température locale, altitude, ensoleillement, vent, etc.) et est éminemment variable.

L'eau posséderait par ailleurs un coefficient d'absorption des infrarouges très supérieur à celui du CO_2 .

L'effet de serre de la vapeur d'eau est nettement supérieur à l'effet du CO_2

Prévisions climatiques

Les rapports du GIEC (IPCC) ne détaillent pas les hypothèses et données physiques initiales retenues et considèrent que la vapeur d'eau est un invariant, une constante dans ses effets. Ils s'appuient principalement sur la variation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère pour établir des projections sur la température de la Terre à l'aide de modèles de simulation sophistiqués de plus en plus élaborés mais divers.

Des phénomènes de rétroactions complexes sont pris en compte ou font l'objet de tentatives de prise en compte (effets des particules en suspension appelés aérosols, des différents types de nuages,...).

Les prévisions ne s'appuient donc pas sur des certitudes absolues et elles sont plus ou moins précises.

Elles font néanmoins l'objet d'un consensus multidisciplinaire mais sans prise en compte d'éventuels effets astronomiques, tectoniques, volcaniques, solaires, périodiques ou aléatoires, peut-être mal connus.

A l'échelle des dernières décennies, l'effet de serre des gaz anthropiques semble assez probable.

(A noter que la respiration humaine est évaluée à environ 6 % des émissions de CO_2)

Influence anthropique = influence due aux activités humaines

Le changement de la température moyenne à la surface du globe pour la période 2016-2035 relativement à 1986-2005 sera probablement compris entre 0,3 °C et 0,7 °C (degré de confiance moyen). Cette conclusion s'appuie sur de nombreux éléments et prend pour hypothèse qu'aucune éruption volcanique intense ou changement séculaire de rayonnement solaire n'aura lieu. Il est attendu que les augmentations des températures moyennes (...) soient plus importantes dans les régions tropicales et subtropicales que dans les moyennes latitudes (degré de confiance élevé).

* * *

Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800 000 ans. La concentration du dioxyde de carbone a augmenté de 40 % depuis l'époque préindustrielle. Cette augmentation s'explique en premier lieu par l'utilisation de combustibles fossiles et en second lieu par le bilan des émissions dues aux changements d'utilisation des sols. L'océan a absorbé environ 30 % des émissions anthropiques de dioxyde de carbone, ce qui a entraîné une acidification de ses eaux *. * (variation constatée très faible du pH)

* * *

Les scénarios utilisés par le Groupe de travail I sont axés sur les émissions anthropiques et ne prennent pas en compte les évolutions des facteurs naturels, tels que le forçage solaire ou volcanique, ou les émissions naturelles, par exemple de CH₄ et de N₂O.

* * *

Changement de la température moyenne du globe en surface sous l'effet d'un doublement de la concentration du CO₂ atmosphérique, lorsque l'équilibre est atteint : il est probable que la sensibilité climatique à l'équilibre se situe entre + 1,5 et + 4,5 °C

* * *

Il est extrêmement probable que plus de la moitié de l'augmentation observée de la température moyenne à la surface du globe entre 1951 et 2010 est due à l'augmentation anthropique des concentrations de gaz à effet de serre et à d'autres forçages anthropiques conjugués.

* * *

Emissions de CO₂ par la France

Grâce à sa politique de développement énergétique nucléaire passée et du fait de sa population réduite, la France ne joue aucun rôle significatif en matière d'émission de CO₂ au niveau mondial.

L'arrêt total hypothétique de ses émissions n'aurait aucune incidence sur la température terrestre.

Ses émissions de CO₂ représentent 0,9 % des émissions mondiales, loin derrière la Chine, les USA, l'Inde ou la Russie qui à eux quatre émettent plus de la moitié du CO₂ mondial.

Le niveau d'émission de CO₂ par habitant en France est de 4,38 tonnes de CO₂ par habitant et par an contre 10 à 16 tonnes par habitant respectivement en Russie, Corée du Sud, Taïwan, Canada, Etats-Unis, Australie et Arabie Saoudite.

Un voisin allemand émet 8,9 t - un chinois 6,6 t - un indien 1,6 t.

INCERTITUDES

L'Homme a déjà vécu dans des conditions très variées, sachant s'adapter à son environnement avec très peu de technologies.

Des intérêts particuliers ont-ils quelque avantage à entretenir une psychose climatique face à des changements qui seront peut-être assez modérés ?

Est-il crédible de penser pouvoir agir sur la Terre, même en transformant à des coûts exorbitants les modes de production ?

Les changements technologiques envisagés sont-ils les plus judicieux ?

Le facteur démographique, qui est majeur, ne fait pas l'objet de prise en considération. Croit-on parvenir à diminuer à un niveau encore plus faible les émissions des presque trois milliards d'indiens et d'africains sans stopper l'accroissement du niveau de vie auquel ils aspirent et sans maîtriser la débordante démographie en Afrique ?

Pour en savoir plus

<https://youtu.be/JO4MB44qVY4> paléoclimat, vidéo pédagogique 29 mn

<http://www.climatechange2013.org/headline-statements/> Résumé GIEC

<http://www.climatechange2013.org/report/summary-volume-translations/> Rapport GIEC

<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/climatologie-tant-incertitudes-previsions-climatiques-638/>

<https://youtu.be/ozmQeNDyV5g> vidéo d'un exposé scientifique climato-sceptique de 54 mn