

## La science permet-elle de prévoir à long terme l'évolution du climat ?

Présentation par **Jean-Louis Dufresne**

Jean-Louis Dufresne, chercheur au CNRS dans le Laboratoire de Météorologie dynamique, est responsable du pôle de modélisation de l'Institut Pierre-Simon Laplace et contribue aux travaux du GIEC.

Au cours de sa conférence, dont les visuels sont disponibles sur le site du Club : [http://www.mines-energie.org/Conferences/PR\\_100408\\_Dufresne.pdf](http://www.mines-energie.org/Conferences/PR_100408_Dufresne.pdf),

Jean-Louis Dufresne retrace tout d'abord l'historique des théories sur le climat qui ont conduit à attribuer aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) la cause principale du réchauffement climatique récent. Cette théorie est loin d'être simple et doit se comprendre par étapes :

- L'effet de serre engendré par l'atmosphère dont l'hypothèse est faite par Fournier dès 1826.
- Le calcul de son impact sur la température du globe par Arrhenius (en 1896) s'appuyant sur la loi de Boltzmann sur les corps noirs : sans effet de serre, la température moyenne du globe ne serait que de 255 K (-22°C). L'effet de serre peut être attribué essentiellement à la vapeur d'eau et au dioxyde de carbone.
- Dans le modèle développé par S. Arrhenius, l'effet de serre dépend directement de l'absorption du rayonnement infra-rouge par l'atmosphère. Avec ce modèle, si la concentration en GES croît, l'effet de serre augmente-t-il toujours ? En fait non, car on observe que l'effet d'absorption des infrarouges par une atmosphère homogène en température atteint un point de saturation (i.e. 100% d'absorption en quelques kilomètres) à une teneur assez faible de CO<sub>2</sub> ou d'H<sub>2</sub>O. A partir de 1960 seulement, on a correctement expliqué qu'il pouvait y avoir effectivement un réchauffement de l'atmosphère en raison de l'augmentation de la concentration des GES même dans le cas où l'absorption était « saturée » et n'augmentait plus ; du fait que l'atmosphère est stratifiée avec un gradient de température constant, seules ses parties hautes contribuent à l'augmentation de l'effet de serre par l'accroissement de la teneur des GES, car pour les parties plus basses, les infrarouges émis sont réabsorbés avant de s'échapper par le haut.

Jean-Louis Dufresne est alors revenu sur les observations de température dont disposent les climatologues ; les relevés thermométriques pour calculer une température moyenne ne sont collectés de façon comparable et étendue sur une grande partie du globe que depuis la fin des années quarante. Auparavant, on peut extrapoler à l'ensemble du globe des relevés incomplets et plus anciennement encore interpréter des observations de la nature (type de flore selon la latitude, isotopes de l'oxygène...).

Les teneurs en gaz carbonique sont, quant à elles, mesurées de façon fiable à partir de carottes de glace prélevées par sondage qui permettent ainsi de remonter de 400 000 ans pour celles du sondage Vostok dans l'Antarctique. Or, depuis 400 000 ans, la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère a oscillé entre 180 et 280 ppm et ce n'est que depuis les années 50 qu'elle a brutalement augmenté pour atteindre 360 ppm actuellement. C'est cette évolution « in terra incognita », en relation avec une augmentation des températures moyennes du globe, qui pose question selon Jean-Louis Dufresne.

Il décrit alors les modèles de simulation extrêmement complets et complexes mis au point pour simuler le climat, son évolution et sa variabilité. Avec un maillage en 3 dimensions de plus d'un million de cellules, ces modèles représentent l'atmosphère, les océans et les surfaces continentales. Ils prennent notamment en compte la thermodynamique des nuages, l'albédo des sols et des nuages, la circulation des eaux océaniques... Ils permettent de simuler l'effet sur le climat des perturbations d'origine soit naturelle (éruptions volcaniques, activité solaire...), soit humaine (émissions de GES, modification des sols et forêts...). Les modélisations permettent ainsi de reproduire les évolutions de la température moyenne globale depuis 1900 avec et sans la hausse anthropogénique de la concentration de CO<sub>2</sub>. Et c'est depuis le début des années 80 que la divergence d'évolution entre ces deux situations apparaît clairement ; aucun modèle connu ne rend compte de l'évolution observée de la température s'il néglige l'accroissement de la teneur en CO<sub>2</sub>.

Les modèles ainsi validés sur les observations du XX<sup>ème</sup> siècle permettent d'établir des projections pour le XXI<sup>ème</sup> en fonction des niveaux de gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine. Des scénarios variés de l'évolution de l'activité humaine sont pris en compte et conduisent à des prédictions de température sur le XXI<sup>ème</sup> siècle, dont la dispersion est d'ailleurs assez grande, mais cohérentes et que le GIEC a résumées dans le quatrième rapport d'évaluation en 2007. Pour une même augmentation des GES, cette dispersion provient de la façon dont certains phénomènes sont représentés dans les modèles. Ces phénomènes ont globalement un effet amplificateur, appelé rétroaction positive, d'amplitude variable selon les modèles.

Jean-Louis Dufresne se prête alors aux questions nombreuses de la salle. Ainsi l'objection du danois Svensmark qui a publié un article assez médiatisé montrant que le rayonnement cosmique, et donc l'activité solaire, expliquerait la plus

grande partie du réchauffement récent, est évoqué. Jean Louis Dufresne fait remarquer que l'activité solaire est bien prise en compte par les modèles mais que la loi de la conservation de l'énergie, la sphéricité de la Terre et la réflexion observée du rayonnement solaire impliquent qu'il faut diviser par 6 une variation de l'intensité du soleil si on veut la comparer à une variation de l'effet de serre. Par ailleurs, l'hypothèse d'un effet des rayons cosmiques sur les nuages faite par Svensmark est basée sur une analyse d'observation des nuages par satellite qui n'a pas pu être reproduite à ce jour par d'autres chercheurs. Pour les périodes de glaciation du passé, ajoute-t-il, l'hypothèse actuelle est qu'elles ont été initiées par les variations de la trajectoire de la Terre autour du soleil et que le prochain cycle glaciaire n'est pas attendu avant 35 000 ans.