

# Le changement climatique d'origine humaine

**Michel Petit\*** directeur général adjoint pour la recherche

## Des faits indiscutés

### L'équilibre radiatif

Tout objet isolé dans l'espace (planète ou satellite artificiel) prend une température telle que l'énergie du rayonnement électromagnétique (lumineux ou infra-lumineux) qu'il émet soit égale à l'énergie du rayonnement de même nature qu'il reçoit. Cette température dépend donc, pour les planètes, des gaz de leur atmosphère absorbant le rayonnement émis, c'est-à-dire, en fait, l'infrarouge. En l'absence de tels gaz, la température de la Terre serait inférieure à ce qu'elle est d'un trentaine de degrés. Si leur concentration augmente, la Terre doit nécessairement connaître un réchauffement global.

### La composition chimique de l'atmosphère terrestre

On observe une augmentation continue de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique et en méthane. D'une année à l'autre, cet accroissement fluctue, mais reste positif, sa valeur moyenne annuelle étant respectivement, pour ces deux gaz, de l'ordre de 0,5 et 1 % par an. Ces variations récentes s'inscrivent dans le cadre d'une augmentation qui s'accélère depuis le début de l'ère industrielle. On observe également une augmentation de la concentration atmosphérique d'autres gaz à effet de serre.

### Les observations de l'évolution du climat

La température de surface a crû, depuis un siècle, de 0,3 à 0,6 °C. Les dernières années ont été parmi les plus chaudes depuis 1860, en dépit du refroidissement provoqué par l'éruption du volcan Pinatubo. Le niveau de la mer a crû de 10 à 25 cm au cours des 100 dernières années. Compte tenu de la variabilité naturelle, ces données ne constituent pas, en elles-mêmes, une preuve du réchauffement climatique par effet de serre additionnel. Par contre, les variations géographique, temporelle et en altitude présentent une similitude avec les résultats des modèles numériques récents, prenant en compte l'effet des aérosols et, d'après certains travaux publiés récemment, cette similitude aurait une signification statistique quant à la capacité des modèles à reproduire la réalité.

\* École polytechnique, route de Saclay, 91120 Palaiseau.  
Tél. : 01.69.33.40.77. Fax : 01.69.33.38.18.  
E-mail : michelpetit@polytechnique.fr

Les études des paléoclimats ont montré une corrélation entre les variations de température et de concentration de gaz carbonique, lors des grands cycles climatiques, sans que leurs données permettent de distinguer entre cause et effet. On sait que ces cycles de glaciation et de réchauffement sont liés à la variation des paramètres de l'orbite de la Terre autour du Soleil. L'augmentation de la concentration en gaz carbonique avec celle de la température signifie l'existence d'un mécanisme de réaction positive qui amplifie le réchauffement et rend illusoire l'existence d'un phénomène encore inconnu et susceptible de diminuer l'amplitude du réchauffement par effet de serre.

## La modélisation

### Nécessité et limites de la modélisation

Si l'existence qualitative du réchauffement climatique ne fait aucun doute, l'évolution future du phénomène ne peut être estimée de façon quantitative qu'en passant par la modélisation numérique des phénomènes physiques. La capacité des modèles à reproduire la réalité est limitée par les performances encore insuffisantes des meilleurs calculateurs actuellement disponibles et notre connaissance encore imparfaite de certains phénomènes. Le résultat des modèles ne peut donc être considéré comme une prédiction fiable ; par contre, il existe un large consensus pour estimer que ces modèles permettent de cerner l'évolution de la température moyenne et du niveau moyen de la mer dans une gamme allant de 1 à 3, pour une concentration donnée de gaz à effet de serre. La validité des résultats à échelle locale est nettement plus incertaine, ce qui conduit logiquement à aborder l'analyse des conséquences du réchauffement climatique en termes de risques et non de prévisions.

### Le comportement de la concentration atmosphérique en gaz carbonique

L'accroissement observé de la concentration dans l'atmosphère du plus important des gaz à effet de serre, le gaz carbonique, est cohérent avec la modélisation des échanges entre l'atmosphère et l'océan. Les modèles impliquent de plus l'existence d'une constante de temps de plusieurs décennies dans ce processus : si, à partir d'aujourd'hui, on maintenait constant le niveau des émissions annuelles, il faudrait plusieurs dizaines d'années avant que la concentration atmosphérique ne cesse de croître.

## L'évolution du climat

L'influence de la vapeur d'eau complique les phénomènes climatiques, mais a pour effet global d'amplifier le réchauffement : la teneur en vapeur d'eau, elle-même gaz à effet de serre, augmente à cause de l'évaporation accrue par un réchauffement et le mécanisme envisagé par certains auteurs, selon lequel il y aurait assèchement de l'atmosphère par intensification de la convection, n'est pas confirmé par les observations aux échelles saisonnière et interannuelle ; d'autre part, pour ce qui est de l'eau condensée sous forme de nuages, si les nuages bas diminuent l'effet de serre par augmentation de l'albédo (réflexion du rayonnement solaire incident), les nuages hauts le renforcent. C'est la complexité de ces phénomènes qui explique pour l'essentiel les variations des résultats entre les modèles et l'incertitude correspondante sur l'ampleur du réchauffement pour une évolution donnée de la concentration en gaz carbonique.

L'échelle de temps avec lequel le climat réagit est de l'ordre de quelques décennies : après que la concentration de

gaz à effet de serre ait été stabilisée, il faudra attendre plusieurs dizaines d'années avant que la température ne cesse de croître. Cette constante de temps s'additionne à celle nécessaire à la stabilisation de la concentration pour déterminer le rythme auquel le climat répond aux variations des émissions.

Compte tenu d'hypothèses raisonnables sur l'évolution des émissions au cours du siècle à venir, les modèles calculent, pour l'an 2100, une augmentation de température moyenne de 1 à 3,5 °C.

## L'élévation du niveau de la mer

Compte tenu de la fonte progressive des glaces, le niveau de la mer continuera à croître pendant des siècles, après la stabilisation de la température moyenne. Les modèles calculent pour l'an 2100 une élévation de 20 à 90 cm, due pour une large part à la dilatation thermique de l'eau de mer. En 2500, l'élévation pourrait atteindre 3 à 4 mètres.