

Comment fonctionne l'équation du climat ?

Un modèle simplifié



L'équation du climat

Comprendre l'effet des aérosols à travers un modèle simplifié :

Le climat (et ses variations) peut être décrit de façon simplifiée par différents facteurs qui influencent la température moyenne. On représente la variation d'un de ces facteurs par "Delta Q". Cette variation s'exprime en Watts par mètre carré (W/m^2) et correspond à une augmentation (ou à une diminution) de l'apport (ou de la perte) d'énergie à la surface de la Terre. Lorsque l'intensité d'un de ces facteurs augmente, on peut donc avoir une hausse ou une baisse de la température globale, selon le facteur. Par exemple, l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre provoque une hausse de la température. On note cette variation de température "Delta T".

Pour pouvoir estimer la température future, il faut donc, d'une part estimer les variations futures des différents facteurs climatiques, et d'autre part savoir, comment la température globale réagit à une variation donnée globale de ces facteurs climatiques. On nomme ce dernier paramètre 'sensibilité du climat', qu'on représentera ci-après par la lettre grecque "Lambda". On exprime la sensibilité du climat en $^{\circ}C/(W/m^2)$.

On peut ainsi écrire :

Variation de température = sensibilité climatique x variation des facteurs climatiques

$$\Delta T = \lambda \cdot \Delta Q$$

with:

ΔT [$^{\circ}C$] variation de température durant la période considérée

λ [$\frac{^{\circ}C}{W/m^2}$] sensibilité du climat

ΔQ [W/m^2] variation des facteurs climatiques durant la période considérée (en Watts par mètre carré)



Quels sont les facteurs climatiques ?

La recherche sur le climat consiste en grande partie à déterminer, quelle influence chaque

facteur a sur le climat. Les gaz à effet de serre (anglais : *greenhouse gases, GHG*) jouent le plus grand rôle : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), ozone (O₃), protoxyde d'azote (N₂O), CFC. Leur concentration a massivement augmenté dans l'air depuis l'industrialisation. Ils retiennent de plus en plus le rayonnement infrarouge de la Terre. Leur effet (en fait, variation par rapport à la situation naturelle) correspond à environ + 2.4 W/m².

Il y a quelques facteurs secondaires, dont certains ont un effet positifs et d'autres négatifs sur la température. Au total, ils ont un effet nettement moins grand sur la température de la Terre que les gaz à effet de serre.

Finalement, les aérosols ont un impact important, par réflexion directe du rayonnement solaire et indirectement, par leur influence sur la formation des nuages. Mais notre connaissance des différents processus liés aux aérosols est encore insuffisante. Nous supposons que les aérosols ont globalement un effet refroidissant de -1 à -2 W/m².

L'équation suivante peut alors être écrite :

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{GHG}} + \Delta Q_{\text{other}} + \Delta Q_{\text{aerosol}}$$



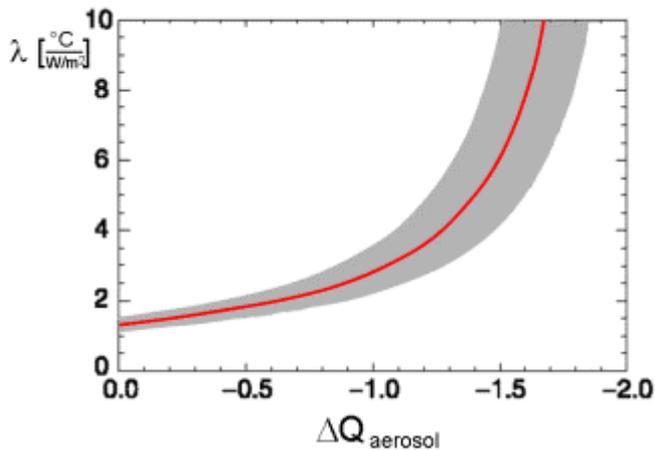
Quelle importance ont les aérosols sur la sensibilité du climat ?

Les aérosols n'ont, bien sûr, pas d'influence directe sur la sensibilité du climat. Par contre, de notre connaissance de leur impact sur le régime énergétique de la surface terrestre dépend très fortement notre estimation de la sensibilité du climat.

Un exemple numérique simplifié nous montre que l'estimation de la sensibilité du climat dépend fortement de notre connaissance de la grandeur du refroidissement dû aux aérosols : Supposons qu'un réchauffement de 2°C a été observé, et que les gaz à effet de serre et les autres facteurs (hormis les aérosols) ont augmenté l'apport énergétique de 2W/m². Comme nous ne savons pas exactement, quel est l'impact des aérosols, nous faisons nos calculs avec quatre valeurs différentes, pour comparaison : 0, 1, 1.5 et 1.75W/m². Quelle sensibilité climatique obtient-on à partir de ces valeurs ?

ΔT [°C]	impact des gaz à effet de serre et autres facteurs	impact des aérosols	ΔQ [W/m ²]	λ [°C / (W/m ²)]
2	+ 2	0	2	1
2	+ 2	- 1	1	2
2	+ 2	- 1,5	0,5	4
2	+ 2	- 1,75	0,25	8

Nous voyons que, selon la valeur utilisée pour l'impact des aérosols, nous obtenons une sensibilité au climat variant entre 1 et 8 ! C'est une incertitude énorme. Il en est effectivement ainsi, dans les modèles climatiques. Actuellement, les différents modèles climatiques utilisent des valeurs variant entre 1.5 et 4.5°C/(W/m²) pour la sensibilité du climat.



Le graphique à gauche montre les résultats des calculs scientifiques, avec une certaine marge d'erreur (en gris).

Graphique : dessiné sur la base de l'article publié par Andreae, Jones et Cox dans la revue 'Nature' (30.06.2005)



Si la sensibilité du climat est élevée...

Que se passe-t-il, si on admet que l'impact (refroidissement) des aérosols sur le climat actuel est fort (environ -1.5 W/m^2), mais diminuera lentement à l'avenir, alors que la concentration en gaz à effet de serre continue à augmenter ? Faisons les calculs :

impact des gaz à effet de serre et autres facteurs	impact des aérosols	$\Delta Q [\text{W/m}^2]$	$\lambda [\frac{^\circ\text{C}}{\text{W/m}^2}]$	$\Delta T [^\circ\text{C}]$
+ 2,5	1	1,5	4	6
+ 3	- 0,5	2,5	4	10

Nous voyons que la température globale augmenterait fortement.

Cette exemple de modèle climatique est fortement simplifié, mais il illustre bien les réflexions à la base des craintes des scientifiques.