

## Principes du calcul de l'élévation de température en effet de serre par augmentation du taux de CO<sub>2</sub>

### Données préliminaires

. Le rayonnement solaire, avant de pénétrer dans l'atmosphère terrestre est de **1368 W/m<sup>2</sup>**.

. L'albédo de la terre (pourcentage de l'énergie reçue du soleil qui est réfléchi dans l'espace) est de **29,8 %**.

*Ceci est dû aux océans, nuages et glaces.*

Chaque m<sup>2</sup> de l'atmosphère reçoit donc  $1368/4 = 342 \text{ W/m}^2$

*Le diviseur 4 vient de ce que la surface d'interception du rayonnement solaire est celle d'un grand cercle planétaire, mais la surface recevant l'insolation est celle d'une sphère et la surface d'une sphère vaut quatre fois celle d'un cercle.*

Chaque m<sup>2</sup> de la surface reçoit donc  $342(1 - 0,298) = 240 \text{ W/m}^2$

### Calcul sans effet de serre

Pour qu'il y ait un équilibre thermique, il est nécessaire que l'énergie reçue (240 W/m<sup>2</sup>) soit entièrement rayonnée vers l'espace.

La température de rayonnement correspondante est donnée par la loi de Stéfán :

$$E = \sigma T^4 \quad \text{où } \sigma \text{ est la constante de Stéfán-Boltzmann} = 5,674 \cdot 10^{-8}$$

T est la température absolue en °K

Il en résulte que  $T = 255 \text{ °K}$  ou  $-18 \text{ °C}$

### Calcul avec effet de serre

Une mesure de température par satellite donne la valeur de **287,93°K** (15°C) soit 33 °C de plus que s'il n'y avait pas d'effet de serre !

Cette différence provient de l'absorption des IR par les molécules lourdes de l'atmosphère (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> et quelques autres).

L'effet de serre mesuré par les satellites du programme ERBE est de 160 W/m<sup>2</sup> dont 130 W/m<sup>2</sup> dus à l'eau sous forme de vapeur ou condensée (soit 81 % dus à l'eau).

Le calcul par la loi de Stéfán donne :

$$E = \sigma T^4 = 390 \text{ W/m}^2$$

L'énergie reçue par la surface de la terre (240 W/m<sup>2</sup>) est donc renforcée (on l'appelle le forçage radiatif) par  $390 - 240 = 150 \text{ W/m}^2$  qui reviennent sur terre.

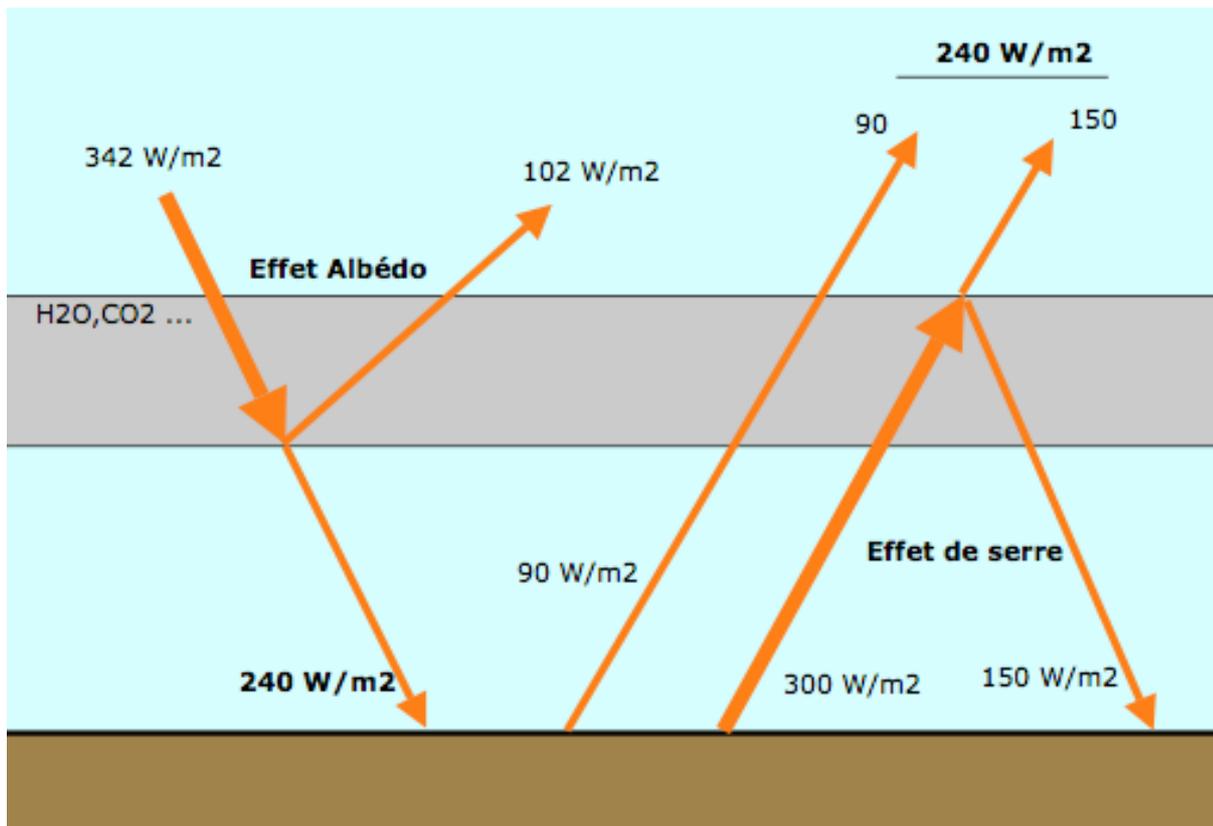
Cette valeur est peu différente de celle mesurée (160 W/m<sup>2</sup>).

On sait que statistiquement par effet de serre, 50 % de l'énergie est absorbée si elle est située dans les longueurs d'onde où H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> absorbent (plus de 12 μm ou moins de 8 μm).

Si l'effet de serre est de 150 W/m<sup>2</sup>, c'est que l'énergie incidente était de **300 W/m<sup>2</sup>**.

Il y a donc  $300 - 150$  soit **150 W/m<sup>2</sup>** qui ressortent dans l'espace, ce qui n'est pas suffisant pour équilibrer les 240 W/m<sup>2</sup> qui ont été reçus.

Il y a donc  $240 - 150 = 90 \text{ W/m}^2$  qui sont passés sans effet de serre dans la fenêtre de transparence de l'atmosphère située dans la bande de longueur d'onde de 10 μm +/- 2 μm.



### La part du forçage radiatif liée au CO2

Elle est donnée par la formule  $E = \alpha \ln C/C_0$  relation de G. Myhre (1998) où :

$\alpha = 5,35$

$\ln$  est le logarithme népérien

$C$  est la concentration de CO2 prévue

$C_0 = 280$  ppmv concentration du CO2 avant l'ère industrielle

Cette loi logarithmique dans laquelle l'augmentation du CO2 a de moins en moins d'effet s'explique pour la raison suivante :

les molécules se trouvant à l'extrémité de la chaîne ont moins de chances que celles qui les précèdent sur le trajet du rayonnement de rencontrer un photon ayant la longueur d'onde voulue, les premières molécules ayant déjà absorbé une grande partie des photons dans la longueur d'onde considérée. C'est le phénomène de saturation.

En appliquant la formule pour  $C = 560$  ppmv soit un doublement du taux de CO2, on trouve  $3,7 \text{ W/m}^2$  qui se rajoutent au  $390 \text{ W/m}^2$  émis par la terre.

Dans ce nouvel équilibre, la surface terrestre doit donc émettre  $393,7 \text{ W/m}^2$

En appliquant la loi de Stéfán  $E = \sigma T^4$

on trouve que la nouvelle température est de **288,61 °K**

Compte tenu que la température de la terre avec effet de serre naturel est de  $287,93 \text{ °K}$ , on peut dire que pour un doublement du CO2 atmosphérique, l'accroissement de température est de **0,68 °C**.

Or il se trouve que les modèles du GIEC annoncent pour un doublement du CO2 une élévation de température de **1,2 °C** qui après rétroaction positive serait comprise entre  $1,5 \text{ °C}$  et  $4,5 \text{ °C}$ .

### L'erreur de calcul du GIEC

Elle provient du fait qu'il utilise une formule  $\Delta T = \lambda \Delta E$

où  $\Delta E$  est le forçage radiatif,

$\Delta T$  est l'évolution de température

$\lambda$  est le paramètre de sensibilité au climat pris = 0,3 ce qui n'est valable qu'en l'absence d'effet de serre. Il suffit pour vérifier cela de dériver l'équation de Stéfan ce qui donne :

$$dT/dE = T/4E.$$

En appliquant cette formule à l'effet de serre naturel ( $T = 287,93 \text{ °K}$  et  $E = 390 \text{ W/m}^2$ ), on en déduit que  $\lambda = 0,1846$  au lieu de 0,3.

Par ailleurs  $\Delta E$  est pris = 4 au lieu de 3,7 W/m<sup>2</sup>

(Dans son rapport 1990, le GIEC retenait 4,27 W/m<sup>2</sup> et il avait pourtant retenu 3,7 W/m<sup>2</sup> dans son rapport 2001, confirmé dans celui de 2007, mais il n'applique pas ce qu'il recommande !)

il en est donc déduit que  $\Delta T = \lambda \Delta E = 0,3 \times 4 = 1,2 \text{ °C}$  au lieu de 0,68 °C.

En appliquant les bonnes valeurs, on trouve bien  $\Delta T = \lambda \Delta E = 0,1846 \times 3,7 = \mathbf{0,68 \text{ °C}}$

### **Prise en compte du recouvrement de l'absorption par H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> autour de 15 μm**

On s'est aperçu (Peter Dietze et Jack Barrett en 2000) que le forçage dû à un doublement du CO<sub>2</sub> est inférieur à 3,7 W/m<sup>2</sup>.

Après les relevés du satellite ERBE, il a été possible de quantifier le recouvrement H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> :

Pour un effet de serre total de 160 W/m<sup>2</sup>, 50 seraient dus aux gaz à effet de serre dont 20 en recouvrement et 130 dus à H<sub>2</sub>O seul.

Dans ces conditions la contribution des gaz à effet de serre, eau non comprise n'est plus que de  $50 - 20 = 30 \text{ W/m}^2$ .

Le modèle d'atmosphère MODTRAN conduit à un forçage dû à un doublement du CO<sub>2</sub> inférieur à  $\mathbf{3 \text{ W/m}^2}$ .

Avec les relevés ERBE, c'est une valeur de  $\mathbf{2,48 \text{ W/m}^2}$  qui a été calculée.

Pieter Dietze en a déduit que le forçage ne serait que de  $\mathbf{1,9 \text{ W/m}^2}$ .

Richard Lintzen estime qu'une valeur comprise entre 1 et 1,4 W/m<sup>2</sup> devrait être retenue.

Compte tenu de ces avis, il apparaît que l'élévation de température dans l'hypothèse d'un forçage de 2,48 W/m<sup>2</sup> ne serait plus que de  $\mathbf{0,4 \text{ °C}}$  au lieu de 1,2°C pour le GIEC.

### **Prise en compte des rétroactions**

Les modèles utilisés par le GIEC s'appuient sur l'hypothèse d'un effet amplificateur dû à l'eau. Toute augmentation de température entraînerait une augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère et donc un accroissement supplémentaire de l'effet de serre et donc de la température.

Cependant plus d'eau dans l'atmosphère implique aussi plus de nuages et donc un renvoi supplémentaire du rayonnement solaire vers l'espace (**effet parasol**).

Or dans le bilan radiatif global des nuages, l'effet parasol surpasse nettement l'effet de serre.

Par ailleurs, dans les régions intertropicales qui reçoivent la majeure partie du rayonnement solaire qui est ensuite redistribuée sous forme de chaleur, sur le reste de la planète, Richard Lintzen du MIT a montré (1990) que des surfaces plus chaudes conduisent à une intensification de la convection et à une croissance des précipitations. Il en résulte que l'aire des zones nuageuses à forte humidité se réduit et l'énergie réfléchie ou rayonnée vers l'espace excède l'énergie retournée vers la surface par effet de serre.

Cette régulation négative baptisée **effet iris** tend donc à s'opposer à toute augmentation de température quelque en soit la cause.

Il n'est donc pas possible dans l'état actuel des connaissances de modéliser le climat comme l'a fait le GIEC, en considérant qu'un accroissement de température entraîne un effet d'amplification par l'intermédiaire de la vapeur d'eau, puisque des effets régulateurs opposés sont également à l'œuvre.

## L'albédo terrestre

Une diminution d'albédo passant de 30 % à 29 % induirait un accroissement de 3,6 W/m<sup>2</sup> de l'énergie solaire parvenant au sol. C'est une valeur du même ordre que celle qui est estimée par le GIEC devoir résulter de l'effet direct d'un doublement du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Une variation des aérosols au XX<sup>e</sup> siècle ne paraît pas pouvoir justifier une modification du climat. En revanche la nébulosité semble avoir diminué au cours des dernières décennies. Ceci pourrait expliquer au moins partiellement le réchauffement enregistré depuis le petit âge glaciaire.

## Les causes du réchauffement

La cause des successions des périodes glaciaires et interglaciaires du passé est désormais imputée aux variations des paramètres astronomiques reliant la terre et le soleil. (Milankovitch).

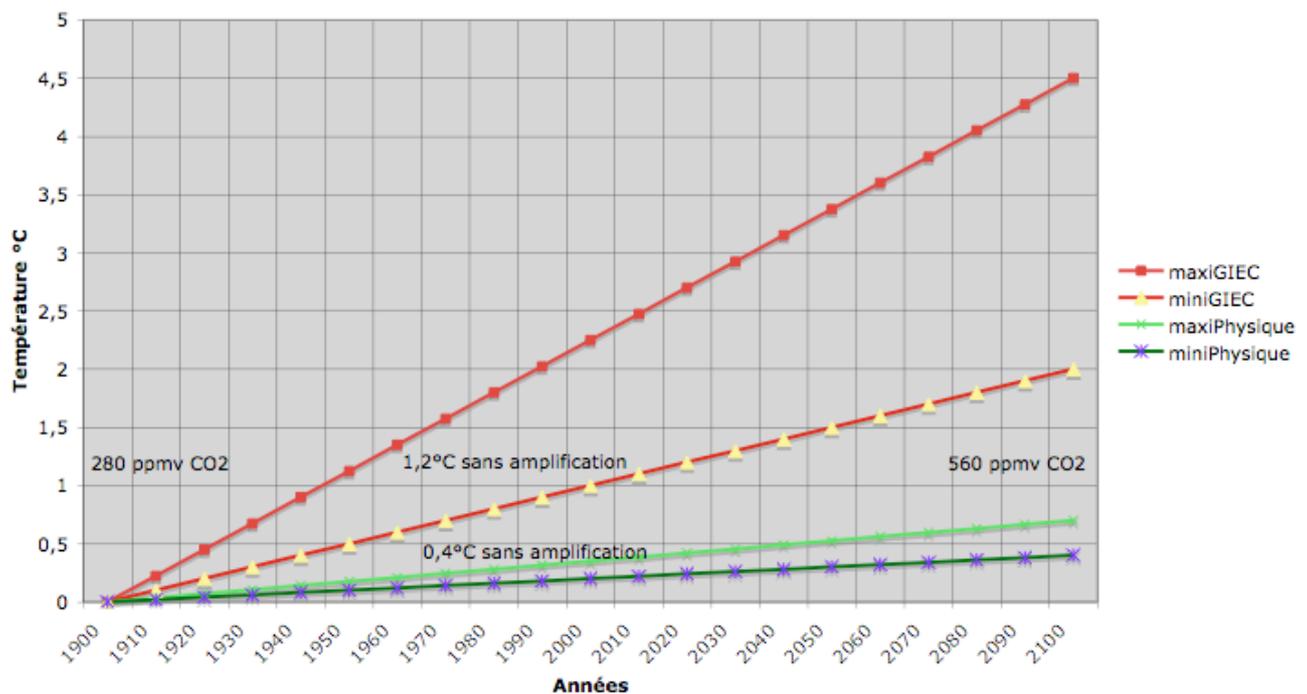
Sur le long terme, la covariation CO<sub>2</sub>/température est bien établie. Mais l'on sait maintenant (forage EPICA en antarctique, Siegenthaler 2005) que les évolutions de température précèdent celles du CO<sub>2</sub> d'une durée comprise entre 800 ans et 2800 ans. C'est donc l'évolution de la température qui est la cause de l'évolution du taux de CO<sub>2</sub> et non l'inverse, ceci par absorption ou dégazage des océans.

La fluctuation de l'insolation solaire résultant de la variation de la radiance solaire et de la variation de la couverture nuageuse liée au rayonnement cosmique est plausible sur le court terme.

D'autant plus que l'on sait maintenant que la variation du rayonnement cosmique parvenant dans l'atmosphère terrestre est sous le contrôle de l'activité solaire et du champ magnétique terrestre. Par ailleurs ces rayons cosmiques déclenchent un processus d'ionisation puis de condensation qui est précurseur à la formation de nuages.

Le programme de recherche CLOUD en cours au CERN (Svensmark) a pour but de quantifier le mécanisme de l'action des rayons cosmiques sur la nébulosité atmosphérique.

**Élévation de température par doublement du taux de CO<sub>2</sub>**



## Conclusion

Il est vrai que la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> augmente et que les émissions anthropiques expliquent une bonne part de cette évolution.

Il est vrai que le CO<sub>2</sub> est un gaz à effet de serre qui absorbe, pour certaines longueurs d'onde, le rayonnement infrarouge, même si pour ces mêmes longueurs d'onde, cette absorption est limitée par celle de l'eau, à l'absorption de laquelle le CO<sub>2</sub> ajoute peu.

Il est vrai qu'un réchauffement est en cours, même s'il est vraisemblablement moindre pour l'hémisphère Nord que celui qui est officiellement affiché.

Par contre il n'existe aucune certitude d'une responsabilité majeure du CO<sub>2</sub> dans le réchauffement en cours.

L'effet de serre additionnel résultant de l'émission anthropogénique de CO<sub>2</sub> ne peut avoir qu'un effet limité et les prévisions alarmistes des modèles actuels du GIEC ( élévation de température comprise entre 1,5°C et 4,5°C pour un doublement du taux de CO<sub>2</sub> ) ne sont pas justifiées par les lois de la physique.

Celles-ci ne permettent en l'état actuel des connaissances de ne justifier qu'une élévation de température de 0,4 °C.

Référence : L'homme est-il responsable du réchauffement climatique ? André Legendre – EDP Sciences.