

Le bilan radiatif de la Terre et les modèles climatiques

Pour élaborer des modèles climatiques, les scientifiques s'appuient sur les connaissances du fonctionnement du système Terre. Il s'agit de mettre en équation et en relation les différents mécanismes ayant une influence sur la température d'équilibre de la Terre.

Les paramètres orbitaux de la Terre.

L'énergie solaire est la principale source d'énergie de la terre. La constante solaire est une mesure de l'énergie reçue à la surface de la terre assimilée à un disque. L'énergie solaire reçue (ou constante solaire) dépend de la distance au soleil et de la puissance du rayonnement solaire:

$$\text{Énergie reçue en } \text{w/m}^2 = \text{Puissance du soleil en } \text{w} / 16 \times \text{Pi} \times (\text{distance en m})^2 = 340 \text{ w/m}^2$$

La distance Terre soleil varie au cours d'une année:

Périhélie (3 Janvier): $d = 146$ millions de km

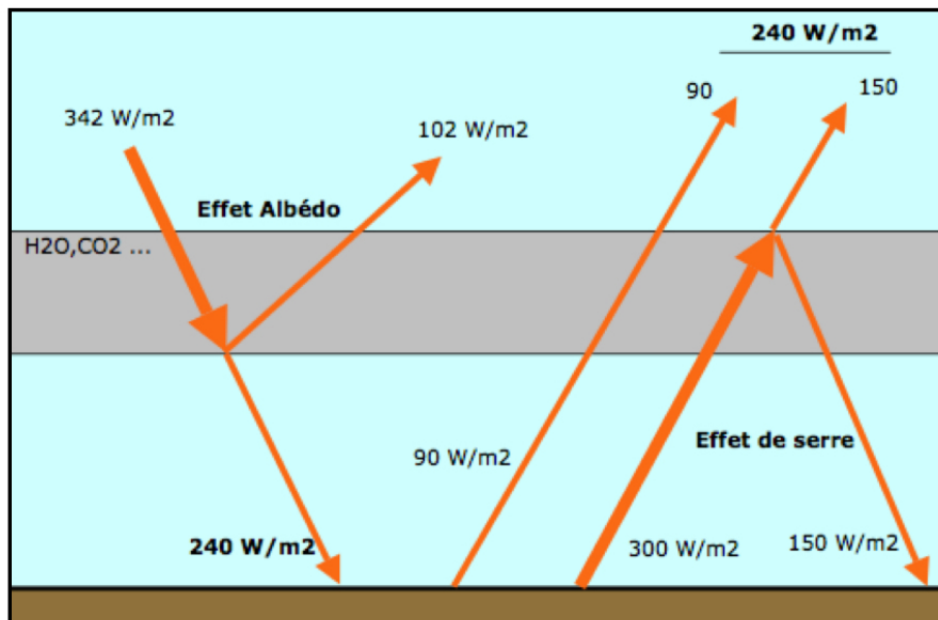
Aphélie (4 Juillet) : $d = 151$ millions de km

Elle est en moyenne de 149,6 millions de km

La puissance du rayonnement solaire varie également au cours du temps. Elle est d'environ $3,87 \times 10^{26}$ W

Le bilan radiatif (δR) de la Terre.

Le bilan radiatif (δR) est la différence entre le flux incident absorbé et le flux ré-émis. À l'équilibre thermique: $\delta R = 0$



En présence d'un effet de serre naturel (époque pré-industrielle, $[\text{CO}_2] = 280$ ppm), la surface absorbe 390 W/m^2 ($240+150$) et ré-émet 390 W/m^2 ($300+90$); la surface est à l'équilibre thermique.

Relation entre bilan radiatif et température d'équilibre: La loi de Stefan Boltzman:

D'après Stefan Boltzman : Énergie émise = $\text{cste} \times T^4$, donc $T^\circ (\text{K}) = (\text{Énergie} / \text{cste})^{1/4}$.

Avec constante = $5,674 \cdot 10^{-8}$, et $T^\circ\text{C} = T^\circ\text{K} - 273,15$

	Énergie Absorbée	Température d'équilibre
En l'absence d'effet de serre	$R = 240 \text{ W/m}^2$	T équilibre = 255°K soit -18°C
En présence d'un effet de serre naturel Époque pré-industrielle: $[\text{CO}_2] = 280$ ppm	$R = 390 \text{ W/m}^2$	T équilibre = $287,93^\circ\text{K}$ soit $14,78^\circ\text{C}$
En présence d'un effet de serre 2012 $[\text{CO}_2] = 395,64$ ppm	$R = 391,85 \text{ W/m}^2$	T équilibre = $288,26^\circ\text{K}$ soit $15,13^\circ\text{C}$

La concentration en CO₂ [actuelle](#) (6 Janvier 2021) est de 413,95 ppm

Le Forçage radiatif (δF).

Le Forçage radiatif (δF) est une perturbation (positive ou négative) du bilan radiatif :

$$\delta F = 5,35 \times \ln ([\text{Carbone}] / [\text{Carbone référence} = 280]) \text{ en } W/m^2$$

La Terre reçoit de l'énergie thermique via les rayons du soleil. Certains facteurs, tels que les gaz à effet de serre, ont tendance à absorber les infrarouges. Ainsi, plus ils sont présents dans l'atmosphère, plus on assiste à un réchauffement du climat. Le forçage radiatif des gaz à effet de serre est donc positif. En revanche, les aérosols ont tendance à renvoyer les rayons solaires vers leur émetteur, ce qui provoque un refroidissement de la Terre. Dans ce cas, le forçage radiatif est négatif. Si le bilan des forçages radiatifs est positif, la Terre a tendance à se réchauffer. C'est ce qu'il se passe en ce moment. Dans le cas contraire, elle refroidit.

Les concentrations en carbone s'expriment en ppm : $[\text{Carbone}] \text{ ppm} = Q (\text{Carbone}) \text{ Gt} \times 280 / 595$

La Sensibilité climatique (λ).

La Sensibilité climatique (λ) est la variation de la température de surface moyenne qui serait observée pour 1 W/m² de variation du bilan énergétique de la Terre (δF).

D'après la dérivée de Stefan Boltzman:

$$\lambda = T / (4 \times E)$$

λ calculé avec effet de serre naturel (époque pré-industrielle): $\lambda = 287,93 / (390 \times 4) = 0,1846$

λ calculé sans effet de serre naturel: $\lambda = 255 / (240 \times 4) = 0,3$

λ utilisé dans les projections du GIEC: $\lambda = 0,5$

Les activités humaines qui détruisent les forêts consommatrices de CO₂, et ré injectent dans l'atmosphère le carbone piégé dans les roches carbonées fossiles (charbon, pétrole) sont actuellement à l'origine d'une modification de l'atmosphère et du climat. Le CO₂ rejeté par les activités humaines est à l'origine d'un forçage radiatif (déséquilibre du bilan radiatif qui se réajuste alors à un autre niveau; il en résulte une nouvelle température d'équilibre). Dans le cas du CO₂ et des gaz à effet de serre, le forçage radiatif est positif (la surface reçoit et ré émet davantage de W/m²), ce qui entraîne une augmentation de la température d'équilibre.

Les modèles climatiques permettent de réaliser des projections climatiques.

En se basant sur des hypothèses démographiques, économiques, et technologiques futures, on peut établir des scénarios d'émission de GES. Les connaissances relatives au fonctionnement du système climatique terrestre (bilan radiatif, forçage radiatif, sensibilité climatique) permettent aux climatologues d'établir des projections climatiques. Ces projections climatiques mises en relation avec des modèles d'impacts permettent d'établir des scénarios d'incidence qui devraient permettre aux dirigeants politiques et économiques de prendre les bonnes décisions afin de préserver la planète. Les projections ainsi réalisées prévoient un réchauffement au cours du XXI^e siècle compris entre + 2,5° C et + 6° C.

Un scénario d'émission de GES est un scénario basé sur des hypothèses (progrès technologiques, socio-économiques, démographiques)

Exemples de scénarii (très simplistes) possibles:

On stoppe le développement économique / énergétique / démographique, et on émet autant de C qu'en 2012 jusqu'en 2113

La population augmente, les besoins énergétiques aussi, on émet de plus en plus de C

La population décroît, et / ou on se passe peu à peu des énergies fossiles et on arrête la déforestation

La projection climatique est la projection de la réponse (température d'équilibre) du système climatique aux scénarii d'émissions de GES.