PHYSIQUE-CHIMIE · ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE 1RE / COURS

Le bilan radiatif terrestre et l'effet de serre

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

La Terre reçoit sans arrêt l'énergie du Soleil. Pourquoi ne chauffe-t-elle pas indéfiniment ? Et pourquoi sa température moyenne est-elle de 15 °C, alors qu'un calcul simple donne −18 °C ?

01 L'idée : la baignoire

Une baignoire avec le robinet ouvert et la bonde ouverte. L'eau monte jusqu'à un niveau où il en sort autant qu'il en rentre : le niveau ne bouge plus. Le robinet, c'est la puissance solaire absorbée. La bonde, c'est le rayonnement infrarouge que la Terre renvoie vers l'espace. Le niveau, c'est la température. Si on bouche un peu la bonde (l'effet de serre), le niveau monte jusqu'à un nouvel équilibre.

01 Ce qui entre

En moyenne sur toute la surface de la Terre, la puissance solaire reçue vaut environ $340\ \mathrm{W/m^2}$. Une partie est renvoyée directement vers l'espace par les nuages, la glace, les déserts.

Albédo : fraction de la puissance reçue qui est réfléchie.

$$\text{albédo} = \frac{P_{\text{réfléchie}}}{P_{\text{reçue}}}$$

L'albédo moyen de la Terre vaut environ 0,30. La puissance absorbée est donc environ $0{,}70 \times 340 \approx 240\ \mathrm{W/m^2}$.

La neige a un albédo proche de 0,9, l'océan d'environ 0,06 : quand la banquise fond, la Terre absorbe davantage.

Ce qui sort

Tout corps chaud rayonne, et d'autant plus qu'il est chaud. La Terre, vers 15 °C, émet surtout dans l'**infrarouge**.

Équilibre radiatif : quand la température est stable, la puissance absorbée est égale à la puissance émise vers l'espace.

L'effet de serre

L'atmosphère laisse passer la plus grande partie de la lumière visible du Soleil, mais certains gaz (vapeur d'eau, CO_2, méthane) absorbent l'infrarouge émis par le sol. Ils le réémettent dans toutes les directions, et

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/le-bilan-radiatif-terrestre/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

donc en partie vers le sol. Le sol reçoit alors à la fois le Soleil et ce rayonnement de l'atmosphère : il se réchauffe.

	Sans atmosphère	Avec atmosphère
Température moyenne	environ −18 °C	environ 15 °C

Ajouter des gaz à effet de serre, c'est boucher un peu plus la bonde : la Terre doit se réchauffer pour retrouver l'équilibre.

Exemple guidé

Sans atmosphère, quelle serait la température moyenne de la Terre ? On utilise la loi de Stefan-Boltzmann : un corps à la température T (en kelvins) rayonne $P = \sigma T^4$ par mètre carré, avec $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$.

1. **La puissance absorbée** : $0{,}70 \times 340 \approx 240\ \mathrm{W/m^2}$.
2. **L'équilibre** : la Terre ne chauffe plus quand elle émet autant qu'elle absorbe, $\sigma T^4 = 240$.
3. **On isole** T : $T = \left(\dfrac{240}{5{,}67 \times 10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 255\ \mathrm{K}$.
4. **En degrés Celsius** : $255 - 273 = -18\ ^\circ\mathrm{C}$.

Retour au problème

La Terre ne chauffe pas indéfiniment parce que plus elle est chaude, plus elle rayonne : elle trouve un équilibre, comme une baignoire dont la bonde évacue autant que le robinet verse. Les 33 degrés d'écart entre −18 °C et 15 °C viennent de l'effet de serre, qui renvoie vers le sol une partie de l'infrarouge émis.

Les pièges

- L'albédo est un nombre sans unité, entre 0 et 1.
- La Terre émet de l'infrarouge, pas de la lumière visible.
- L'équilibre ne veut pas dire « rien ne rentre » : il rentre autant qu'il sort.
- L'effet de serre naturel est indispensable ; c'est son renforcement qui réchauffe le climat.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/ens-scientifique-premiere/le-bilan-radiatif-terrestre/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits