

1 Rayonnement solaire et albédo

La puissance solaire reçue par la Terre

Comme tous les objets du système solaire, la Terre ne reçoit qu'une infime fraction de la **puissance solaire** totale.

La puissance solaire reçue par un astre dépend essentiellement de deux paramètres : son rayon, et la distance entre le Soleil et l'objet éclairé. Plus son rayon est grand, et plus la puissance solaire reçue est élevée. Plus la distance entre le Soleil et l'astre est grande, et plus la puissance solaire reçue par unité de surface est faible (Fig. 1).

Exemples : La Terre reçoit une quantité d'énergie supérieure à ce que reçoit la Lune, qui est 3,6 fois plus petite qu'elle. Jupiter, pourtant 11 fois plus grande que la Terre, reçoit beaucoup moins d'énergie, car elle est environ 5 fois plus éloignée du Soleil.

La puissance solaire moyenne reçue par la Terre en 24 heures, au sommet de son atmosphère, est d'environ $342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

L'albédo terrestre

Lorsque la lumière solaire pénètre dans l'atmosphère, elle est renvoyée dans différentes directions par ses constituants : c'est le phénomène de diffusion. Une partie de l'énergie solaire reçue repart ainsi vers l'espace (Fig. 2).

La lumière qui atteint la surface subit également une réflexion. La proportion d'énergie lumineuse qui est réfléchiée est caractérisée par l'**albédo**. Celui-ci varie de 0 à 1, et est d'autant plus élevé que la surface est réfléchissante.

Exemples : Les surfaces sombres comme les océans et les forêts réfléchissent peu la lumière et ont un albédo faible, au contraire des surfaces claires comme les nuages, les étendues de glace et les déserts dont l'albédo est élevé (Fig. 3).

En tenant compte de la proportion de chaque type de surface et de leurs albédos, on calcule que l'albédo moyen de la Terre est d'environ 0,30.

La Terre réfléchit vers l'espace 30 % de la puissance solaire qu'elle reçoit.

2 L'effet de serre

L'absorption de l'énergie solaire reçue

Certains gaz de l'atmosphère absorbent directement le rayonnement solaire incident sur certaines plages de longueur d'onde (Fig. 4). Ces gaz absorbent environ 20 % de l'énergie solaire reçue, soit une puissance de $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Ainsi, en tenant compte de l'albédo terrestre, on estime que la moitié seulement de la puissance solaire reçue au sommet de l'atmosphère est absorbée par la surface des océans et des continents.

L'émission d'un rayonnement infrarouge

L'absorption de l'énergie solaire par l'atmosphère et par la surface de la Terre provoque une augmentation de leur température.

L'échauffement de la surface terrestre se traduit par l'émission d'un rayonnement thermique, majoritairement **infrarouge** (IR). Le maximum d'émission se situe pour des longueurs d'onde proches de $10 \mu\text{m}$.

Plus la température est élevée, plus l'intensité du rayonnement IR est importante. Cette dissipation d'énergie par rayonnement limite ainsi l'élévation de température de la surface terrestre.

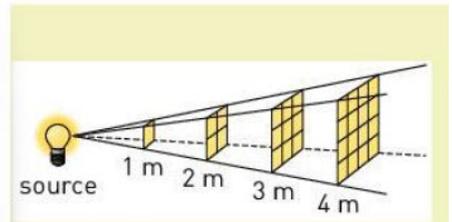


Fig. 1 : Lorsque la distance par rapport à la source lumineuse double, la quantité d'énergie reçue est dispersée sur une surface quatre fois plus grande.

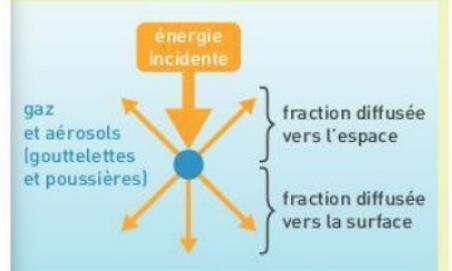


Fig. 2 : Diffusion de la lumière solaire par les constituants de l'atmosphère.



Fig. 3 : L'océan absorbe plus d'énergie solaire que la banquise, qui en réfléchit une grande partie.

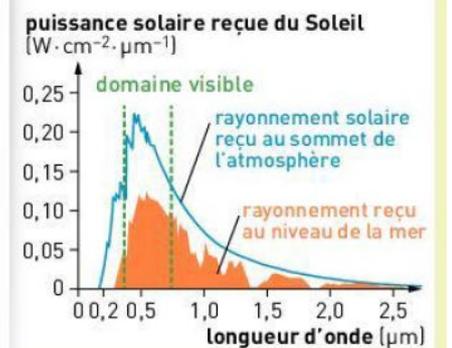


Fig. 4 : Absorption de l'énergie solaire reçue par l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde du rayonnement incident.

● L'absorption des IR par l'atmosphère

L'atmosphère terrestre piège une fraction du rayonnement IR réémis par la Terre. Ce mécanisme naturel provoque une augmentation de la température de l'atmosphère : c'est l'**effet de serre**.

Exemple : L'absorption du rayonnement IR par l'atmosphère conduit à une élévation de la température de la Terre d'environ 38 °C (Fig. 5).

Cet échauffement provoque de nouveau l'émission d'un rayonnement IR vers l'espace et vers la surface. Le même processus se répète avec des intensités moindres jusqu'à ce que l'ensemble de l'énergie initialement absorbée soit renvoyée vers l'espace.

Les principaux gaz à effet de serre (GES) sont la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, respectivement responsables de 50 % et 20 % de l'effet de serre. Sans effet de serre, l'eau ne serait présente sur Terre qu'à l'état de glace, ce qui serait incompatible avec la présence d'êtres vivants.

3 Le bilan radiatif terrestre

● Une température équilibrée

On dresse le **bilan radiatif** terrestre en faisant la différence entre l'énergie reçue par la Terre (depuis l'atmosphère et le Soleil) et l'énergie réémise. Cette différence, sur une courte période de temps, est nulle (Fig. 6) : le bilan est à l'équilibre, ce qui signifie que la température moyenne est constante.



● Un équilibre « dynamique »

Une variation de l'activité solaire, une modification de l'intensité de l'effet de serre ou encore un changement d'albédo impactent le bilan radiatif terrestre, et peuvent donc conduire à une variation de la température moyenne.

Le bilan radiatif terrestre est en équilibre dynamique, susceptible de varier.

Exemples : L'albédo moyen peut changer selon la proportion des différents types de surfaces terrestres, l'importance de la nébulosité, et la quantité d'aérosols. L'effet de serre peut s'accroître suite à une augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère.

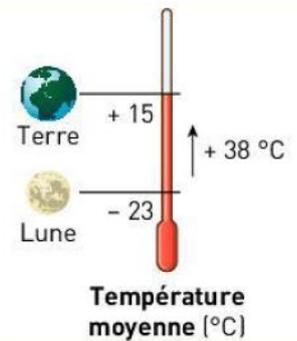
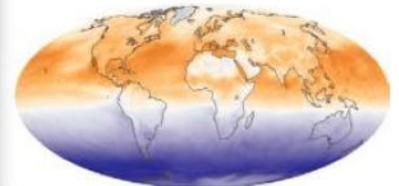


Fig. 5 : La différence de température moyenne entre la Terre et la Lune s'explique par l'effet de serre (la Lune n'a pas d'atmosphère et donc pas de GES).

Novembre 2018



Juillet 2018

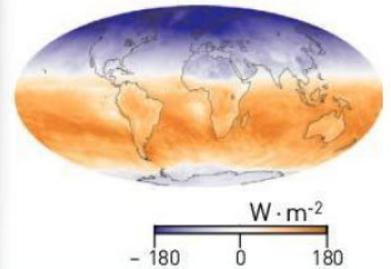


Fig. 6 : Sur une année, la différence entre le rayonnement reçu et le rayonnement réémis par la surface terrestre est nulle.

Le vocabulaire à retenir

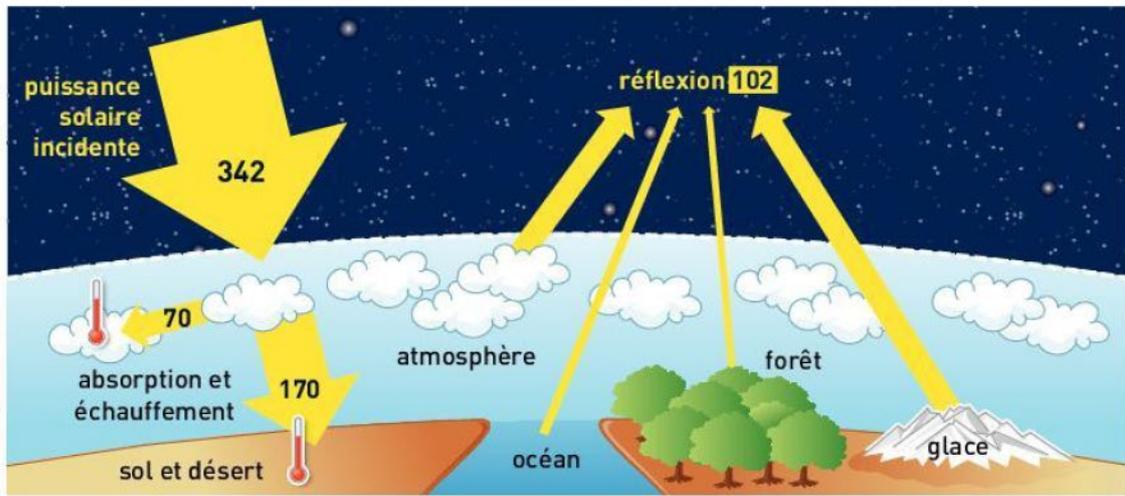
- **Albédo :** rapport entre l'énergie lumineuse réfléchie par une surface et l'énergie lumineuse reçue par cette même surface (nombre de 0 à 1, ou de 0 à 100 %).
- **Bilan radiatif :** différence entre la puissance reçue par la planète et celle réémise vers l'espace.
- **Effet de serre :** phénomène naturel de réchauffement de la surface d'une planète, provoqué par des gaz de

son atmosphère qui absorbent une partie du rayonnement infrarouge émis par le sol.

- **Puissance solaire :** quantité d'énergie libérée par le Soleil par unité de temps. Elle s'exprime en watts [W].
- **Rayonnement infrarouge :** radiations électromagnétiques situées dans une gamme de longueurs d'onde allant de 0,78 à 1 000 μm.

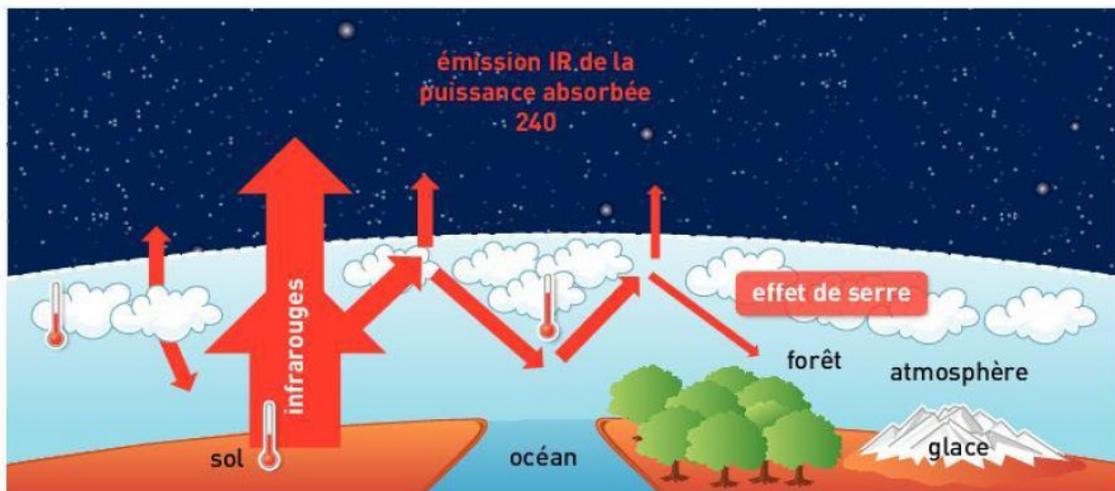
1 La Terre reçoit une fraction de la puissance solaire qui dépend de sa taille et de sa distance au soleil

Environ 70 % de la puissance reçue est absorbée.



valeurs moyennes en $W \cdot m^{-2}$

La puissance absorbée alimente l'effet de serre.



2 Un bilan radiatif en équilibre dynamique

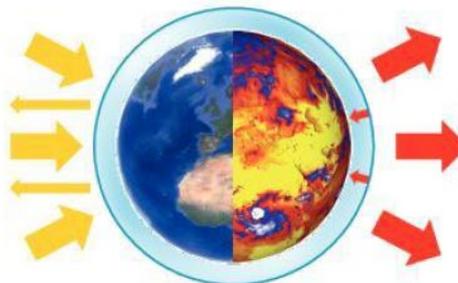
Bilan radiatif pour la surface terrestre

puissance reçue du Soleil et de l'atmosphère

puissance émise vers l'espace



température constante



Variations de l'insolation, de l'albédo, de l'effet de serre...



augmentation de température



baisse de température