

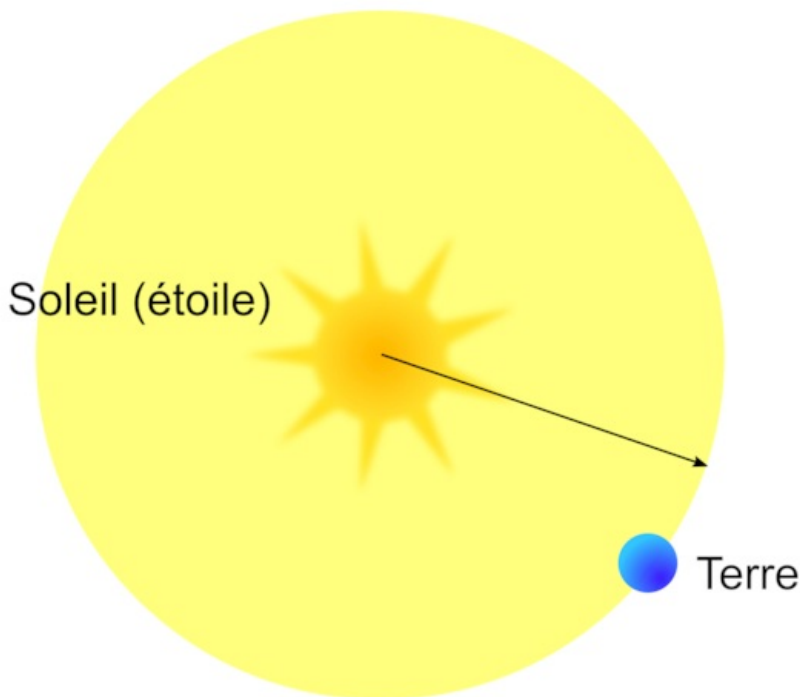
Fiche

L'objectif de cette partie est d'appréhender le bilan radiatif de la Terre et de comprendre comment celui-ci détermine la température à la surface de la Terre. Il s'agit également de mettre en évidence quelques facteurs d'évolution de la température terrestre.

I. Puissance solaire atteignant la Terre

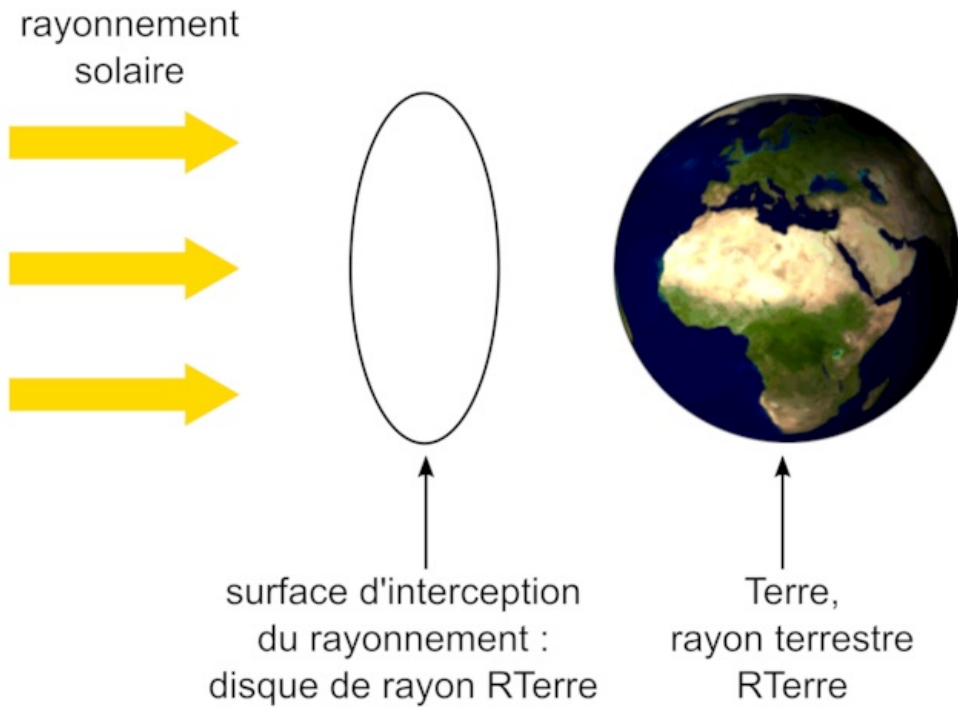
- La Terre reçoit une partie de la puissance émise par son étoile, le Soleil. **La proportion de la puissance solaire atteignant la Terre en haut de l'atmosphère dépend de la distance entre la Terre et le Soleil, ainsi que du rayon terrestre.** La proportion de puissance solaire atteignant la Terre est très faible par rapport à la puissance solaire totale émise, mais l'énergie solaire constitue la source d'énergie permettant le fonctionnement de la quasi-totalité du vivant sur Terre.
- La puissance solaire se projette sur une sphère de rayon égal à la distance Terre/Soleil, de 150.10^6 km, et ayant pour centre le centre du soleil.

Calcul de la proportion de la puissance solaire atteignant la Terre



rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6\,400$ km

surface de la Terre = $4\pi r^2$



Soit P_s la puissance émise par le Soleil.

Soit P_t la puissance solaire atteignant la Terre.

On sait que le rayonnement solaire est émis dans toutes les directions de l'espace et ne se dissipe pas lors de sa propagation.

P_t est la puissance solaire interceptée par une surface égale à un disque de rayon R_{Terre} située à une distance Soleil-Terre.

$$\text{On a } P_t = \frac{\pi R_{\text{Terre}}^2 P_s}{4\pi D_{\text{Soleil-Terre}}^2} = \frac{1}{4} \left(\frac{R_{\text{Terre}}}{D_{\text{Terre-Soleil}}} \right)^2 P_s$$

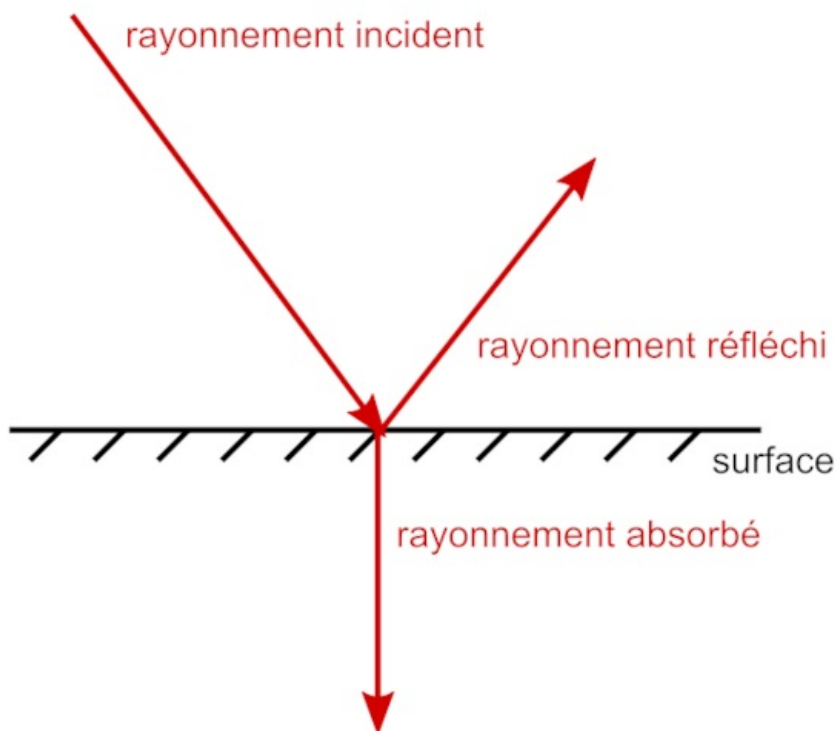
$$P_t = 4,5 \cdot 10^{-10} P_s$$

Ainsi la proportion de la puissance solaire atteignant la Terre est de l'ordre d'une demi-milliardième de la puissance totale rayonnée par le Soleil dans l'espace.

II. Rayonnement solaire et albédo terrestre

• Le bilan radiatif permet de caractériser le devenir de la puissance solaire reçue par la Terre (en y incluant le globe terrestre et l'atmosphère). Une partie de la puissance solaire incidente est réfléchiée par l'atmosphère et par la surface de la Terre et est donc renvoyée dans l'espace. Cette proportion réfléchiée de la puissance solaire dépend de l'albédo terrestre moyen. **L'albédo terrestre est défini comme la proportion d'énergie lumineuse réfléchiée par la Terre par rapport à l'énergie lumineuse incidente.** L'albédo terrestre moyen actuel (en considérant l'atmosphère et la surface terrestre) est de 0,31. Ainsi, environ 30 % de la puissance solaire atteignant la Terre (en haut de l'atmosphère) est réfléchiée par l'atmosphère et la surface terrestre vers l'espace tandis que les 70 % restants sont absorbés par l'atmosphère et la surface terrestre.

Albédo terrestre : définition



Albédo a d'une surface :

$$a = \frac{\text{énergie lumineuse réfléchie par la surface}}{\text{énergie lumineuse incidente}}$$

$$0 \leq a \leq 1$$

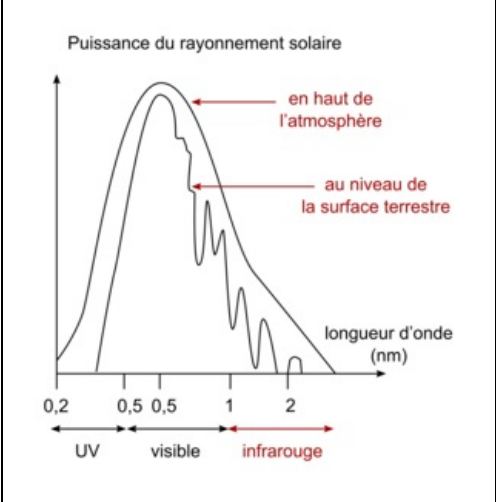
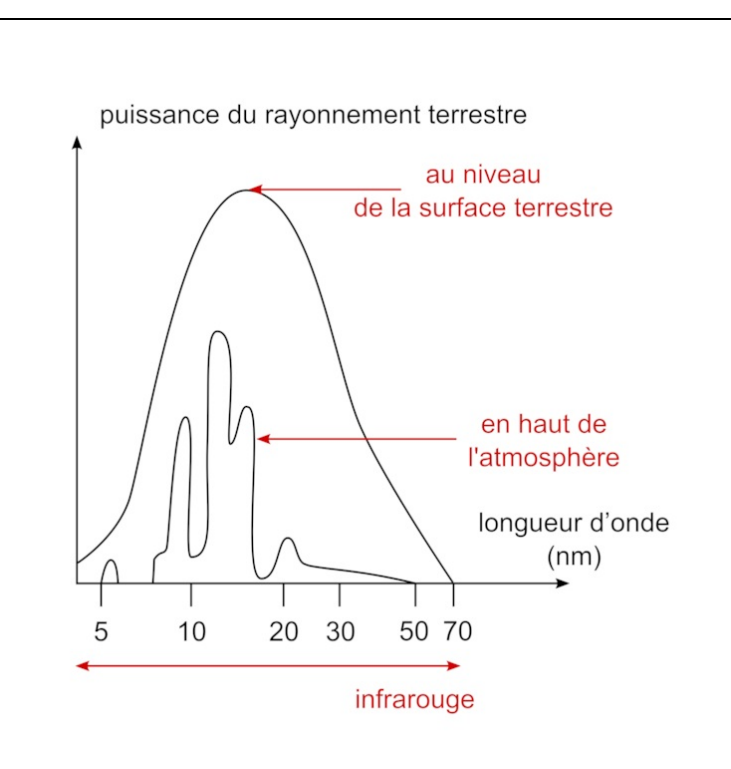
Différentes valeurs de l'albédo en fonction du type de surface

Les surfaces claires (neige, glace...) réfléchissant fortement le rayonnement solaire incident ont un albédo plus élevé que les surfaces sombres (eau de mer, continents recouverts de végétation...) qui sont moins réfléchissantes.

Type de surface	Albédo
Forêt de feuillus	0,15 à 0,20
Mer	0,05 à 0,15
Cultures	0,15 à 0,25
Terre (albédo moyen actuel)	0,31
Nuage	0,5 à 0,8
Glace	0,60
Neige fraîche	0,75 à 0,90
Miroir	1

• L'atmosphère terrestre absorbe une faible proportion du rayonnement solaire incident, environ 20 %. Ainsi, au final, environ 50 % du rayonnement solaire incident en haut de l'atmosphère parviennent jusqu'à la surface terrestre et sont absorbés par le sol.

Absorption par l'atmosphère terrestre du rayonnement solaire incident et du rayonnement infrarouge terrestre

<p align="center">Rayonnement solaire incident</p> <p>Longueurs d'onde correspondant au rayonnement ultra-violet (UV), au spectre visible et au rayonnement infrarouge.</p>	<p align="center">Rayonnement infrarouge terrestre</p> <p>Longueurs d'onde correspondant au rayonnement infrarouge.</p>
<p>Pour une longueur d'onde donnée, l'absorption de la puissance solaire incidente par l'atmosphère terrestre correspond à la différence entre la puissance solaire incidente en haut de l'atmosphère et la puissance solaire incidente au niveau de la surface terrestre.</p> <p>L'atmosphère absorbe environ 20 % de la puissance solaire incidente en haut de l'atmosphère.</p>	<p>Pour une longueur d'onde donnée, l'absorption de la puissance infrarouge terrestre par l'atmosphère terrestre correspond à la différence entre la puissance du rayonnement infrarouge émis par le sol et la puissance du rayonnement infrarouge atteignant le haut de l'atmosphère.</p> <p>L'atmosphère terrestre absorbe environ 95 % de ce rayonnement infrarouge terrestre.</p>
	

 Exercice n°1

III. Rayonnement infrarouge du sol et effet de serre

• Lorsque le rayonnement solaire incident est absorbé par la surface terrestre, celle-ci émet un **rayonnement infrarouge** (longueur d'onde voisine supérieure à 780 nm et inférieure à 1 mm). La puissance émise par la surface terrestre par unité de surface dans l'infrarouge augmente avec la température de cette surface (plus précisément avec la puissance quatrième de cette température). Or, l'atmosphère ne laisse passer qu'environ 5 % du rayonnement terrestre infrarouge, qui est envoyé dans l'espace, tandis qu'elle en absorbe 95 %. Cette absorption de la puissance terrestre infrarouge par l'atmosphère est appelée « **effet de serre** ». Cet effet de serre terrestre est dû aux interactions moléculaires entre le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et certains gaz atmosphériques appelés « **gaz à effet à serre** » (eau, CO₂, CH₄...). Une partie de ce rayonnement infrarouge absorbé par l'atmosphère est réémise vers l'espace tandis que la majeure partie est réémise vers le sol.

 Exercice n°2

IV. Bilan énergétique terrestre : un équilibre radiatif dynamique

• La **puissance reçue par le sol en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue provenant du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère (rayonnement infrarouge absorbé par effet de serre et réémis vers le sol)**. La puissance reçue par le sol provenant du Soleil et celle reçue par l'atmosphère sont du même ordre de grandeur. Ainsi, la puissance totale reçue par la surface de la planète est environ égale au double de la puissance solaire absorbée par le sol. Par le phénomène de l'effet de serre, la puissance totale reçue par la surface terrestre est supérieure à la puissance solaire absorbée par le sol et même à la puissance solaire incidente

en haut de l'atmosphère. La présence de l'atmosphère est donc responsable d'une température terrestre moyenne actuelle de + 15 °C, supérieure de 33 °C à la température qui régnerait sur Terre pour une même puissance solaire incidente, en absence d'atmosphère, c'est-à-dire en absence d'effet de serre.

- **Un corps est dit en équilibre radiatif avec le rayonnement qu'il reçoit s'il ne perd ni ne gagne d'énergie.** Ainsi, l'équilibre radiatif de la Terre implique que la puissance reçue par la surface terrestre soit égale à la puissance émise par celle-ci. Ainsi, la puissance totale reçue par le sol (c'est-à-dire la puissance solaire absorbée par le sol, ajoutée à celle du rayonnement infrarouge absorbé par l'atmosphère par effet de serre et réémis vers le sol) est égale à la puissance terrestre émise sous forme de rayonnement infrarouge. La température terrestre résulte de cet équilibre radiatif et elle est constante au cours du temps, tant que les caractéristiques de l'équilibre demeurent inchangées. Ainsi, la température terrestre actuelle est d'environ + 15 °C.
- Cet équilibre radiatif de la Terre est un **équilibre dynamique**, c'est-à-dire que **toute modification de la puissance reçue par la Terre entraîne une modification de la puissance émise par celle-ci (et inversement)**. L'établissement d'un nouvel équilibre radiatif s'accompagne d'une modification de la température terrestre. Actuellement, l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, libérés par les activités humaines, augmente l'intensité du rayonnement infrarouge absorbé par l'atmosphère et réémis vers le sol, ce qui modifie l'équilibre radiatif. La conséquence de la modification de cet équilibre radiatif est l'augmentation actuelle de la température terrestre.
- De plus, l'augmentation de la température terrestre peut avoir comme conséquence la fonte d'une partie de la neige et de la glace d'où une réduction des surfaces enneigées et englacées à fort albédo. **Le réchauffement de la surface terrestre, en diminuant l'albédo terrestre moyen, diminue la puissance solaire réfléchie et entraîne une augmentation de la puissance solaire reçue par la surface terrestre, ce qui accentue alors son réchauffement.**

Bilan radiatif terrestre

Les puissances P ($W.m^{-2}$) sont reportées à la surface terrestre et les valeurs données (pourcentages) sont arrondies.

P_i : puissance solaire incidente.

P_e : puissance terrestre émise (rayonnement infrarouge).

