

## Chapitre 6

## Le bilan radiatif terrestre

**I Rayonnement solaire et albédo**

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

**Propriété**

La puissance solaire totale 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.

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

La proportion de la puissance totale, émise par le Soleil et atteignant la Terre, dépend de son rayon et sa distance au Soleil.

$$\text{Puissance au niveau de la Terre} = \text{Constante solaire terrestre} \times \pi R^2$$

**II 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 en direction de l'espace.

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

$$\text{Albédo} = \frac{\text{Rayonnement réfléchi}}{\text{Rayonnement incident}}$$

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

**Propriété**

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

**III L'effet de serre****1 L'absorption de l'énergie solaire reçue**

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

#### Propriété

En tenant compte de l'albedo 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.

## 2 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.

#### Propriété

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 la température terrestre.

## 3 L'absorption des IR par l'atmosphère

#### Propriété

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

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 serait présente sur Terre qu'à l'état de glace, ce qui serait incompatible avec la présence d'êtres vivants.

## IV Bilan radiatif terrestre

### 1 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 : le bilan est à l'équilibre, ce qui signifie que la température moyenne est constante.

### 2 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.

#### Propriété

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



### Calcul simplifié du bilan radiatif terrestre

Bilan radiatif = 342 - 102 - 240 → Température constante

puissance  
solaire reçue

puissance  
renvoyée par  
réflexion (albédo)

puissance  
réémise par  
rayonnement IR

### Le vocabulaire à retenir

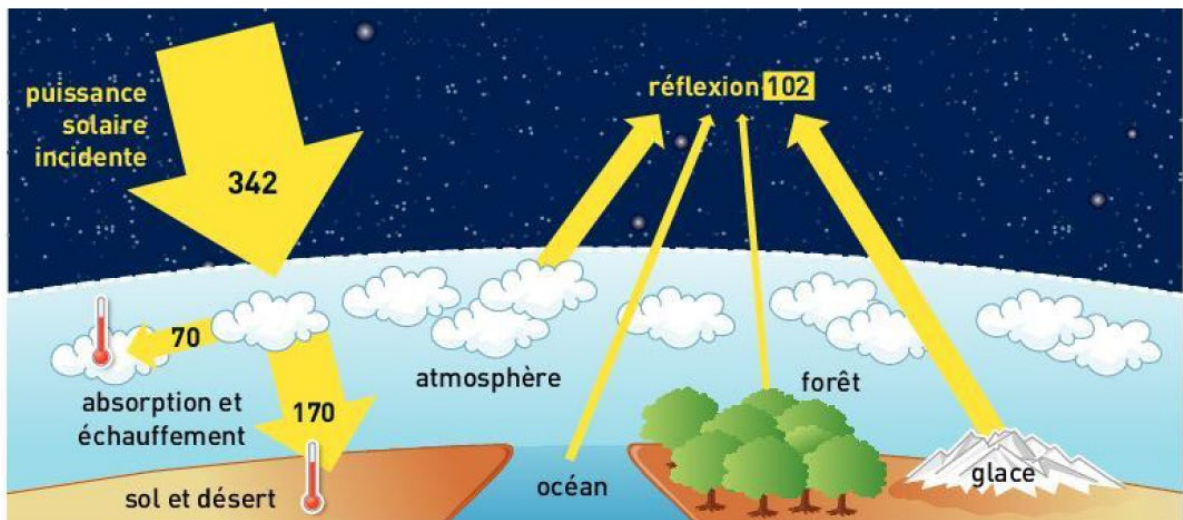
- **Albédo** : rapport entre l'énergie lumineuse réfléchie par une surface et l'énergie lumineuse reçue par cette même surface (nombre de 0 à 1, ou de 0 à 100 %).
- **Bilan radiatif** : différence entre la puissance reçue par la planète et celle réémise vers l'espace.
- **Effet de serre** : phénomène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

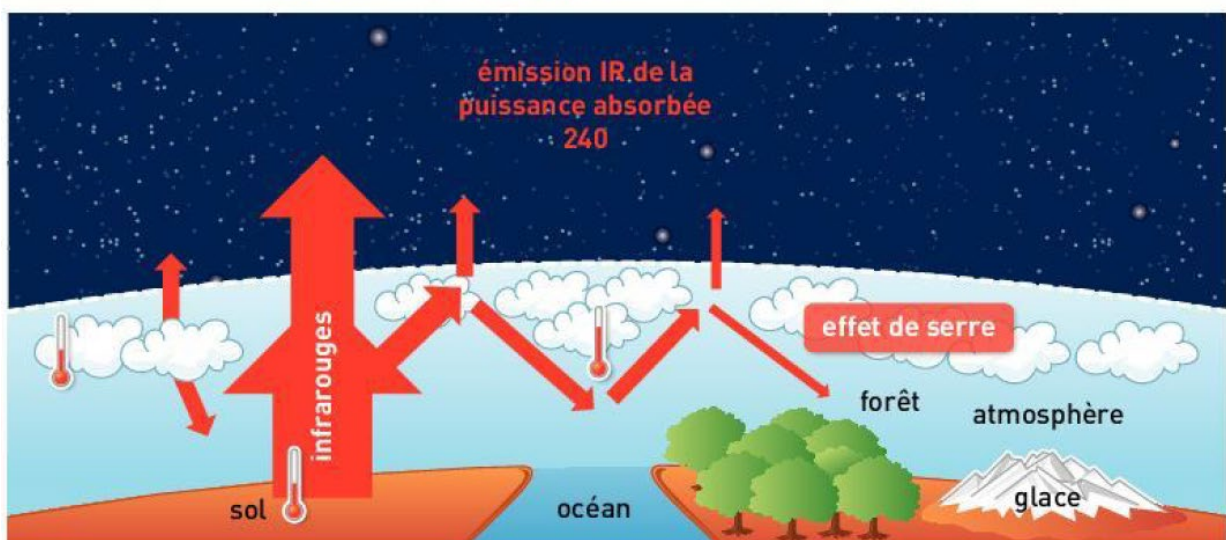
- **Rayonnement infrarouge** : radiations électromagnétiques situées dans une gamme de longueurs d'onde allant de 0,78 à 1 000  $\mu\text{m}$ .

Environ 70 % de la puissance reçue est absorbée.



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

La puissance absorbée alimente l'effet de serre.



## Exercices

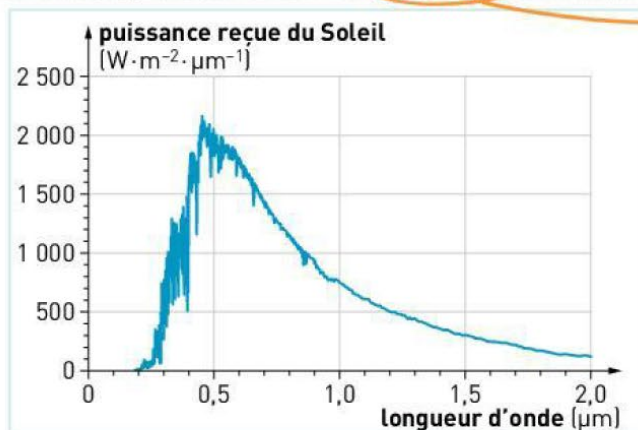
## 2 Questions à réponse unique

Pour chaque question, choisir l'unique bonne réponse.

	1	2	3	4
<b>A</b> - Les planètes reçoivent une fraction de puissance solaire :	proportionnelle à leur diamètre et indépendante de la distance au Soleil.	indépendante de leur diamètre et proportionnelle à la distance au Soleil.	qui dépend de leur distance au Soleil et de leur diamètre.	indépendante de leur diamètre et de la distance au Soleil.
<b>B</b> - La puissance solaire reçue par la Terre :	est totalement transmise au sol.	est totalement absorbée par des gaz atmosphériques.	est uniquement réfléchi par les surfaces nuageuses et terrestres.	est partiellement absorbée et réfléchi.
<b>C</b> - La puissance solaire qui atteint la surface terrestre l'échauffe. Celle-ci émet alors :	un rayonnement ultraviolet.	un rayonnement visible.	un rayonnement infrarouge.	un rayonnement radio.

## 6 Calcul de la puissance solaire reçue par la Terre

Certains satellites d'observation mesurent la puissance solaire reçue en fonction de la longueur d'onde du rayonnement incident (**graphique** ci-dessous).



Évaluer, à partir du graphique, la puissance totale mesurée par mètre carré de surface au sommet de l'atmosphère.



## les clés de l'énoncé

- Comme pour tout **graphique**, il faut commencer par lire attentivement son titre et les légendes des axes pour comprendre la signification de la courbe.



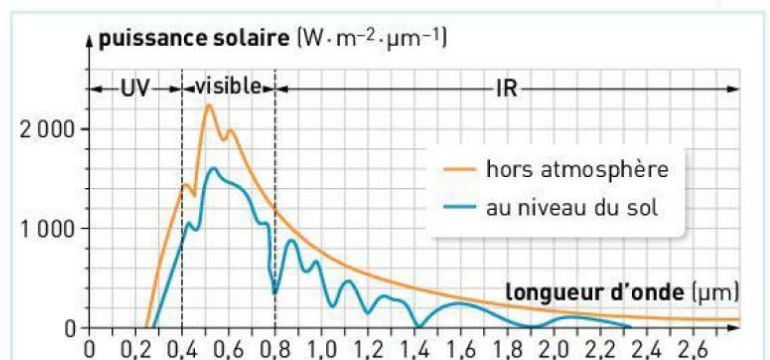
## La question à la loupe

- La question indique de ne travailler **qu'à partir du document proposé**. On attend une **valeur chiffrée**, ce qui laisse supposer soit une lecture graphique des valeurs, soit un ou plusieurs calculs.

## 7 Le rôle de la réflexion et de l'absorption

La puissance solaire incidente, au sommet de l'atmosphère, ne correspond pas à la puissance solaire qui parvient au niveau du sol. Deux phénomènes sont responsables de cette différence : la réflexion et l'absorption.

1. Évaluer la puissance solaire réfléchi et absorbée par l'atmosphère.
2. Indiquer pour quel(s) type(s) de radiation (UV, visible ou IR) cette différence est la plus importante.





### 10 Albédo et températures d'équilibre des planètes

Il est possible de calculer la température d'équilibre d'une planète en tenant compte de son albédo ( $A$ ), de sa distance à son étoile, de la puissance rayonnée par celle-ci, et d'un effet de serre éventuel. Pour la Terre, la température d'équilibre (en °C) vaut ainsi :

$$T_{eq} = 280 \times (1 - A)^{1/4} - 240.$$

Dans l'univers de *Star Wars* créé par George Lucas, les planètes et satellites naturels présentent souvent une surface uniforme dont on peut évaluer l'albédo (tableau ci-dessus).

Planètes ou satellites	Kamino	Endor	Tatooine	Hoth
Conditions de surface	océans agités et nombreuses intempéries	forêts tempérées	déserts chauds et arides	surface enneigée et gelée
Albédo	0,07	0,16	0,45	0,76

1. Indiquer à quelles conditions la formule du calcul de la température d'équilibre de la Terre pourrait s'appliquer à ces quatre exemples.
2. En imaginant ces conditions remplies, calculer leurs températures d'équilibre.
3. Indiquer pour quel exemple le résultat obtenu n'est pas cohérent par rapport à la description de la planète, et formuler plusieurs hypothèses pour expliquer cette anomalie.

### 11 La solubilité du CO<sub>2</sub> : un effet amplificateur

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un gaz à effet de serre que les activités humaines rejettent massivement dans l'atmosphère depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Une partie de ce CO<sub>2</sub> atmosphérique se dissout dans l'eau des océans ; ces derniers en absorbent ainsi 25 milliards de tonnes chaque année !

Le graphique ci-contre montre l'évolution de la capacité du CO<sub>2</sub> à se dissoudre dans l'eau en fonction de la température de cette dernière.

- Utiliser le graphique afin d'expliquer les conséquences d'un réchauffement des océans sur le climat de la Terre.

