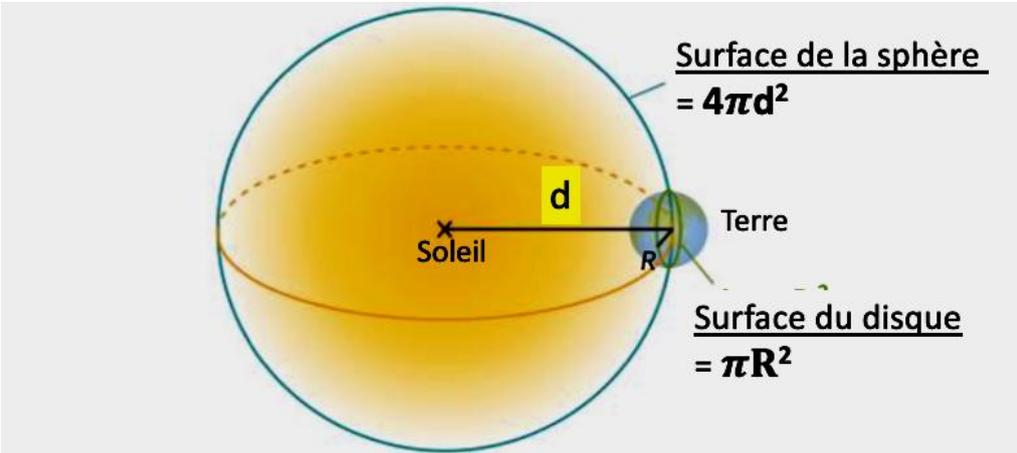


Chapitre 2: Le bilan radiatif terrestre

Mots clés : Puissance solaire, puissance surfacique, albédo, effet de serre, rayonnement infra-rouge, bilan radiatif, équilibre dynamique

Notions	Activités, exemples
<p><b>I - Comme tous les objets du système solaire, la Terre ne reçoit qu'une infime partie de la puissance solaire totale</b></p> <p>1. Le Soleil émet un rayonnement électromagnétique de puissance totale <math>P_{\text{T}}</math> dans toutes les directions de l'espace. Cette énergie est issue des réactions nucléaires se produisant au cœur du Soleil. Elle s'exprime en Watts.  <math display="block">P_{\text{T}} = 3,85 \times 10^{26} \text{ W.}</math></p> <p>2. Seule une partie de cette puissance <math>P_{\text{T}}</math> atteint la Terre ; Cette puissance dépend de la distance Terre-Soleil (<math>d</math>) et du rayon de la Terre (<math>R</math>)</p> <p>a. La puissance solaire reçue par un astre dépend de sa distance au soleil : Plus la distance entre le Soleil et l'astre est grande, plus la puissance solaire reçue par unité de surface est faible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour la Terre, située à une distance <math>d</math> du Soleil, la puissance solaire totale se répartit sur toute une sphère de rayon <math>d</math>, dont la surface vaut <math>4\pi \cdot d^2</math>.</li> <li>- Ainsi la puissance reçue sur <math>1 \text{ m}^2</math> de cette sphère (Terre-Soleil) est appelée puissance surfacique (<math>P_s</math>) ou encore constante solaire. Elle est égale à <math>1361 \text{ W/m}^2</math></li> </ul> $P_s \text{ (en W/m}^2\text{)} = \frac{P_t}{\text{Surface sphère Soleil-Planète}} = \frac{3,85 \times 10^{26}}{4\pi d^2}$  <p><u>Puissance solaire interceptée par la Terre situé à une distance <math>d</math> du soleil</u></p>	

b. La puissance solaire reçue par un astre dépend également de son rayon : Plus le rayon est grand, plus la puissance solaire reçue par unité de surface est élevée.

- Ainsi, de toute la puissance répartie sur cette sphère de rayon  $d$ , la Terre en intercepte une proportion, sur une surface égale à  $\pi R^2$  (surface d'un disque). Soit  $P_{sd}$  cette puissance reçue par le disque Terre.

$$P_{sd} \text{ (en } W.m^2) = P_s \times \pi R^2$$

- La Terre étant sphérique et en rotation sur elle-même, la puissance solaire reçue totale se répartit non pas sur un disque mais sur une sphère de surface  $4\pi R^2$ . Soit  $P_{st}$  cette puissance reçue sur toute la surface terrestre. Elle est égale à  $341 W/m^2$

$$P_{st} \text{ (en } W.m^2) = P_{sd} / 4\pi R^2$$

**II. Après avoir atteint la Terre, une partie du rayonnement solaire est réfléchi vers l'espace, tandis que l'autre partie est absorbée par l'atmosphère, les continents et les océans...**

1. On appelle albédo ( $A$ ) le rapport de la puissance lumineuse réfléchi par la puissance lumineuse arrivant sur la surface (=incidente).

$$A = \frac{P \text{ réfléchi}}{P \text{ incidente}}$$

Pour la terre,  $P \text{ incidente} = P_{st} = 341 W/m^2$

2. L'albédo est une grandeur physique sans unité qui caractérise l'aptitude d'une surface à réfléchir le rayonnement qui lui parvient. Cette valeur varie de 0 (toute la lumière reçue est absorbée, surface noire) à 1 (toute la lumière reçue est réfléchi, surface blanche)

3. Plus une surface est sombre, plus elle absorbera d'énergie et moins elle en réfléchira. 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 de déserts, ont un albédo élevé.

4. En tenant compte de la proportion de chaque type de surface et de leur albédo, 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. Le reste (70%) est absorbé par l'atmosphère, les continents, les océans et contribue donc au réchauffement de la Terre.

**III. La puissance reçue par le sol terrestre est la somme de la puissance du rayonnement solaire incident (après absorption par l'atmosphère) et de la puissance du rayonnement infrarouge lié à l'effet de serre.**

1. Certains gaz de l'atmosphère absorbent directement le rayonnement solaire sur certaines plages de longueur d'onde.

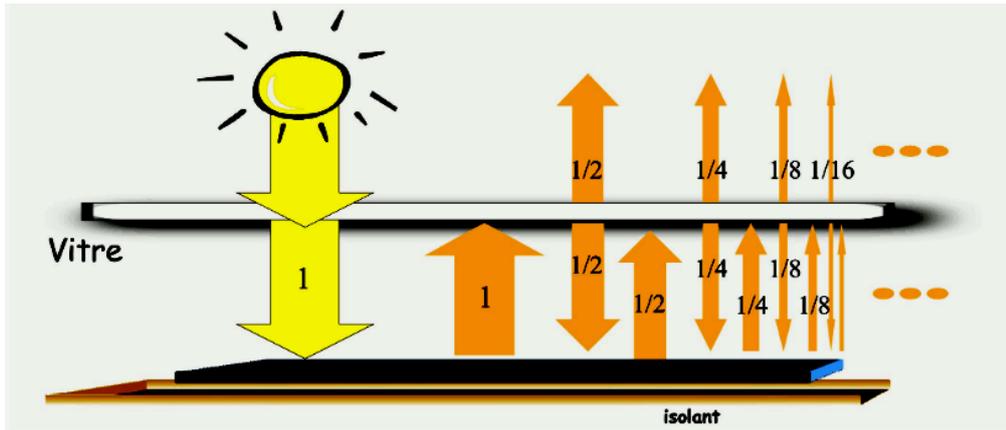
- Ces gaz absorbent environ 20% de l'énergie solaire reçue.
- D'après ces 20% absorbés par l'atmosphère, ajoutés au 30% réfléchit vers l'espace par l'albédo, on estime que 50% de la puissance solaire reçue au sommet de l'atmosphère est absorbée par la surface des océans et des continents.

2. La température moyenne est de 15°C au lieu de -18°C en théorie. La surface terrestre reçoit donc plus d'énergie que celle du rayonnement incident. Cette énergie supplémentaire s'explique par l'effet de serre.

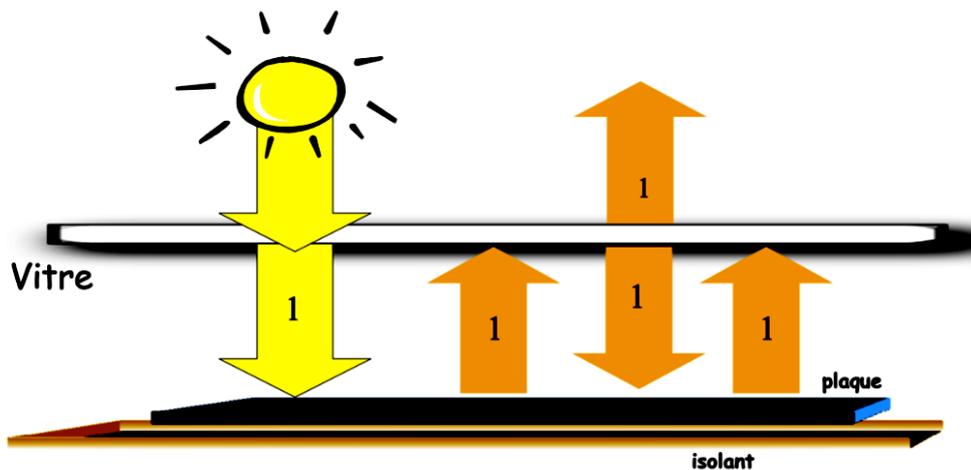
- L'absorption de l'énergie solaire par le sol réchauffe la surface de la Terre.
- Or, tout corps chaud réémet un rayonnement électromagnétique dans le domaine des infrarouges vers l'espace (longueur d'onde voisine de 10  $\mu\text{m}$ ) dont la puissance par unité de surface augmente avec la température.
- En absorbant les infrarouges, les molécules de l'atmosphère s'échauffent et émettent des infrarouges vers l'espace et vers la surface (qui reçoit donc plus d'énergie) : c'est l'effet de serre.
- Le même processus se répète avec des intensités moindres jusqu'à ce que l'ensemble de l'énergie reçue par le sol de la part du Soleil et de l'atmosphère soit renvoyée vers l'espace.
- Les principaux gaz à effet de serre (GES) sont la vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub>, respectivement responsables de 50% et 20% de l'effet de serre.

**Modèle expliquant l'effet de serre :**

**Détail**



**Bilan**



**IV. Le bilan radiatif terrestre global, à l'équilibre, permet le maintien d'une température constante de +15°C, compatible avec la vie. Tout paramètre susceptible de faire varier cet équilibre (forçage) peut conduire à une modification de cette température moyenne**

1. On dresse le bilan radiatif terrestre en faisant la différence entre l'énergie reçue par la Terre (depuis le Soleil et l'atmosphère) et l'énergie réémise vers l'espace (albédo + rayonnement IR).

**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
-------------------------	---	--------------------------------------

2. Cette différence, sur une courte période de temps, est nulle : le bilan est à l'équilibre. La température moyenne au sol est ainsi constante (+ 15°C)

3. En cas de modification d'un des paramètres (variation de l'énergie incidente, de l'albédo ou de l'effet de serre), l'équilibre est alors modifié et tend vers une nouvelle température d'équilibre. Il s'agit donc d'un équilibre dynamique.