

Chap. V Le bilan radiatif de la Terre Livre p.96

I La Terre et le rayonnement solaire

- Le soleil émet un rayonnement électromagnétique de puissance totale P_{Soleil} dans toutes les directions de l'espace ($P_{\text{Soleil}} = 3,87 \times 10^{26} \text{ W}$).
- Seule une partie de cette puissance atteint la Terre.
- Cette puissance qui atteint la Terre dépend de la distance au Soleil d_{TS} : dans ce cas, on calcule une puissance surfacique PS (ou constante solaire) qui est inversement proportionnelle au carré de la distance car

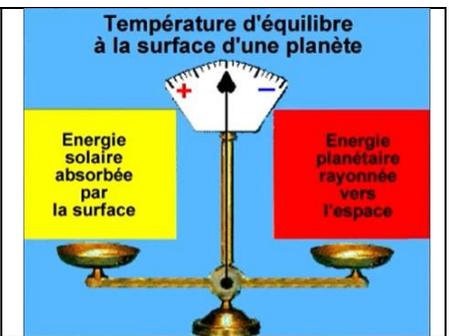
$$P_S = \frac{P_{\text{Soleil}}}{S_{\text{sphère}}} = \frac{3,87 \times 10^{26}}{4 \times \pi \times d_{\text{TS}}^2} \quad PS \text{ s'exprime en W/m}^2 \text{ ou W.m}^{-2} \quad PS \approx 1370 \text{ W.m}^{-2}$$

Remarque : on a donc ici une fonction $f(x) = k/x^2$ avec k une constante et x la distance au Soleil.

- La puissance qui atteint la Terre, notée P_{Terre} dépend aussi du rayon de la planète : plus le rayon de la planète est important plus P_{Terre} est important.
 $P_{\text{Terre}} = PS \times \pi \times R_T^2$ avec $\pi \times R_T^2$ la surface d'un disque de rayon R_T (rayon de la Terre ici). P_{Terre} s'exprime en W .
- Enfin, la puissance moyenne reçue par la Terre en 24h (on assimile alors la Terre comme une sphère de volume $4\pi \times R_T^2$), au sommet de son atmosphère est d'environ 342 W.m^{-2} .
(le calcul est le suivant : $P_{\text{Terre}} / 4\pi \times R_T^2$ ce qui revient à $PS/4$).
- C'est cette valeur de 342 W.m^{-2} qui est prise en compte dans le bilan radiatif terrestre : elle correspond à la puissance solaire reçue par la Terre (en 24h).

- A l'équilibre, et pour que la Terre conserve une température moyenne globale constante en surface, il faut que cette puissance reçue soit identique à la puissance perdue par la Terre et dans ce cas on peut considérer un bilan nul. Sinon, si le bilan radiatif est positif, la Terre s'échauffe ou si le bilan est négatif, la Terre se refroidit.

Remarque : l'énergie est exprimée en Joule, une puissance est exprimée en W . La puissance correspond à une quantité d'énergie par unité de temps.



II Les facteurs intervenant dans le bilan radiatif de la Terre

Différents facteurs interviennent dans le bilan radiatif de la Terre dont deux jouent un rôle non négligeable : l'albédo et l'effet de serre.

1 – L'albédo

- Après avoir atteint la surface de la Terre, une partie de l'énergie provenant du Soleil est réfléchiée et une partie est absorbée par la Terre (par l'atmosphère, les continents, les océans).
- On définit l'albédo A comme le rapport entre la puissance réfléchiée par la Terre sur la puissance solaire incidente. $A = P_{\text{réfléchiée}} / P_{\text{incidente}}$ ($P_{\text{incidente}}$ est considérée comme étant les 342 W.m^{-2}).
- L'albédo terrestre moyen est de 0,3 (ou 30%) : cela signifie que 30% de la puissance reçue est réfléchiée (renvoyée ou diffusée vers l'espace) et 70% absorbé par la Terre.
- L'albédo varie en fonction de la nature des surfaces : la glace a un fort albédo, les océans et les continents ont un plus faible albédo. Une modification de ces surfaces (par exemple une fonte des glaces) modifie l'albédo ce qui entraîne un effet amplificateur sur les variations de température.

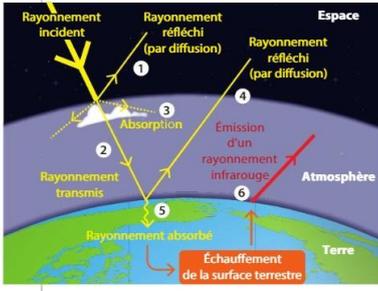
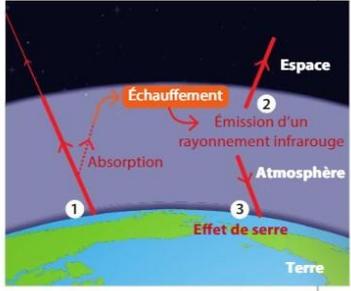
Exemple : une augmentation de la température moyenne de la Terre entraîne la fonte des glaces. Cette fonte des glaces laisse apparaître le sol et/ou augmente la surface océanique non englacée. Or l'albédo du sol et de l'eau est plus faible que l'albédo de la glace : l'albédo moyen diminue donc. Cela signifie que la puissance réfléchiée est plus faible (les surfaces renvoient moins d'énergie vers l'espace) et par contre que la puissance absorbée est plus forte : les surfaces se réchauffent donc ce qui entraîne une augmentation de la température qui augmente alors la fonte des glaces et ainsi de suite.

L'albédo est donc un facteur qui amplifie les variations climatiques.

2 – L'effet de serre

- Une partie de la puissance solaire reçue qui est absorbée (70%) par la Terre contribue à l'échauffement de la Terre. Mais, comme tout corps chaud émet des rayonnements infra-rouges, la Terre renvoie donc une certaine puissance liée à ces rayonnements infra-rouges.
- L'atmosphère contient des gaz comme le CO₂, la vapeur d'eau, le méthane qui sont des gaz à effet de serre. Ces gaz ont la propriété d'absorber une partie du rayonnement infra-rouge émis par la Terre. Comme l'atmosphère absorbe une partie de ces rayonnements, elle s'échauffe et émet à son tour un rayonnement infra-rouge vers le sol : c'est l'effet de serre. Sans cet effet de serre naturel, la température moyenne de la Terre serait inférieure à 15°C.

La température moyenne de la Terre est donc conditionnée par ces deux facteurs : albédo et effet de serre. Lorsque le bilan radiatif est nul (la Terre renvoie autant d'énergie qu'elle en reçoit) la température reste constante. Une modification de l'un et/ou de ces deux facteurs modifie cet équilibre et donc fait varier la température moyenne globale de la Terre.

<p>LES SAVOIR-FAIRE À MAÎTRISER</p> <ul style="list-style-type: none"> ☑ Calculer la proportion de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre. ☑ L'albédo terrestre étant donné, déterminer la puissance totale reçue par le sol de la part du Soleil. ☑ Commenter la courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde. 	<p>LES SAVOIR-FAIRE À MAÎTRISER</p> <ul style="list-style-type: none"> ☑ Représenter sur un schéma les différents rayonnements reçus et émis par le sol. ☑ Expliquer qualitativement l'influence des différents facteurs (albédo, effet de serre) sur la température terrestre moyenne.
<p>Savoir aussi utiliser les puissances de 10 Savoir utiliser les expressions littérales des formules et en faire une application numérique Savoir appliquer ces notions à d'autres planètes du système solaire</p>	<p>Savoir indiquer les unités correctement (J, W, W/m²) Savoir tracer des graphiques (titre, unité etc.) en appliquant une fonction mathématique (du type $y = f(x)$: y fonction de x). Savoir exploiter des documents, justifier à l'aide de valeurs chiffrées...</p>
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  <p>Diagramme illustrant le bilan radiatif de la Terre. Les flèches indiquent : 1. Rayonnement réfléchi vers l'espace (par diffusion) ; 2. Rayonnement transmis ; 3. Absorption ; 4. Rayonnement réfléchi (par diffusion) ; 5. Rayonnement absorbé ; 6. Émission d'un rayonnement infrarouge ; 7. Échauffement de la surface terrestre. Les zones sont étiquetées Espace, Atmosphère et Terre.</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Lorsqu'il parvient au niveau de l'atmosphère, le rayonnement solaire incident est réfléchi vers l'espace (par diffusion, ①), et transmis vers la surface de la Terre (②). Une fraction de ce rayonnement transmis est absorbée par l'atmosphère (③) ; le reste du rayonnement parvient à la surface de la Terre, où il est en partie réfléchi vers l'espace (④) et en partie absorbé par le sol (⑤), provoquant l'échauffement des continents et des océans. Comme tout corps chauffé, la surface terrestre émet alors un rayonnement infrarouge vers l'espace (⑥). Ce rayonnement représente une perte d'énergie pour la Terre.</p> </div> </div>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>Certains gaz de l'atmosphère (gaz à effet de serre, tels que H₂O ou CO₂) absorbent une très grande partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre (①). Cela a pour conséquence de provoquer l'échauffement de l'atmosphère et donc l'émission d'un nouveau rayonnement infrarouge dans toutes les directions, c'est-à-dire à la fois vers l'espace (②) et vers la surface de la Terre (③). L'émission de rayonnement infrarouge par l'atmosphère vers la surface terrestre constitue l'effet de serre.</p> </div> <div style="flex: 1;">  <p>Diagramme illustrant l'effet de serre. Les flèches indiquent : 1. Émission d'un rayonnement infrarouge ; 2. Échauffement ; 3. Absorption ; 4. Émission d'un nouveau rayonnement infrarouge. Les zones sont étiquetées Espace, Atmosphère et Terre.</p> </div> </div>