

II. Le bilan radiatif terrestre

1. Une partie de l'énergie est « perdue » : l'albédo

Programme : L'albédo terrestre : un paramètre climatique majeur.

Savoirs : Une fraction de cette puissance [la puissance totale, émise par le Soleil et atteignant la Terre], quantifiée par l'albédo terrestre moyen, est diffusée par la Terre vers l'espace, le reste est absorbé par l'atmosphère, les continents et les océans.

Savoir-faire : L'albédo terrestre étant donné, déterminer la puissance totale reçue par le sol de la part du Soleil.

❖ Activité 2 – dossier 1 : albédo

- L'énergie solaire reçue par une surface terrestre est égale à l'énergie solaire arrivant sur Terre (incidente) moins l'énergie réfléchie (par les nuages, le sol ou l'eau).
- L'albédo est le rapport entre l'énergie solaire réfléchie et l'énergie solaire incidente (pas d'unité ou %) : plus une surface est réfléchissante (miroir, neige fraîche ou glace) et plus son albédo est fort.

Actuellement, l'albédo global de la Terre est de 0,3 (ce qui signifie que 30 % de l'énergie solaire arrivant sur Terre est réfléchie vers l'espace, et donc « perdue » pour la planète). Sur la Lune, l'albédo n'est que de 0,11.

- Seule l'énergie incidente non réfléchie peut réchauffer la surface : plus une surface est sombre (et donc peu réfléchissante) et plus elle se réchauffe.

Le corps noir (théorique) a un albédo de 0 ; on a mis au point des substances ayant un albédo inférieur à 0,0004 (0,04 %) qui apparaissent « parfaitement » noires.

2. Une partie de l'énergie est « récupérée » : l'effet de serre

Savoirs : Le sol émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine infra-rouge (longueur d'onde voisine de 10 μm) dont la puissance par unité de surface augmente avec la température.

Une partie de cette puissance est absorbée par l'atmosphère, qui elle-même émet un rayonnement infrarouge vers le sol et vers l'espace (effet de serre).

Savoir-faire : Commenter la courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde

Représenter sur un schéma les différents rayonnements reçus et émis par le sol.

Prérequis et limites : La théorie de l'effet de serre et la connaissance de la loi de Stefan-Boltzmann ne sont pas exigibles.

Le réchauffement climatique global associé au renforcement de l'effet de serre sera étudié en détail en terminale, mais il peut être utilement mentionné.

- La surface terrestre se comporte comme un corps noir et émet un rayonnement vers l'espace.
- Plus la surface est chaude et plus la puissance de ce rayonnement est grande.

La longueur d'onde de ce rayonnement est autour de 10 μm (domaine de l'infrarouge). La puissance émise vaut 390 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

❖ Activité 2 – dossier 2 : effet de serre

- Une partie de ce rayonnement est « perdue » et s'échappe vers l'espace, une autre partie (l'essentiel) est absorbée par l'atmosphère : certains gaz atmosphériques (GES) absorbent les rayons infrarouges émis par la surface du globe suite à son réchauffement par l'énergie solaire.
- Cette énergie absorbée par l'atmosphère est réémise, pour moitié vers l'espace, pour moitié vers la surface de la Terre : c'est cette énergie conservée par l'atmosphère qui constitue l'effet de serre.

L'effet de serre est donc proportionnel à la pression atmosphérique, c'est-à-dire à la « densité » de l'atmosphère d'une planète ou d'un astre : nul sur la Lune ou Mercure, il est très faible sur Mars et très fort sur Vénus.

➔ *L'atmosphère agit donc comme la vitre d'une serre qui "emprisonne" une partie de la chaleur.*

Les vitres d'une serre (ou d'une automobile) ne retiennent pas les rayons infrarouges mais l'air chaud. L'expression « effet de serre » n'est donc pas très bien choisie...

- L'effet de serre augmente la température globale et atténue les écarts de température.

La température moyenne sur Terre est de 15°C : elle serait de -18°C sans effet de serre. Sur la Lune, la température moyenne est de 2°C et les écarts vont de -170°C à +130°C.

- Sans effet de serre, la vie telle que nous la connaissons n'aurait pas pu se développer sur la planète Terre.

3. La température sur Terre : un bilan en équilibre... instable

Programme : La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du Soleil. Cette énergie conditionne la température de surface de la Terre et détermine climats et saisons. [...]

La Terre reçoit le rayonnement solaire et émet elle-même un rayonnement. Le bilan conditionne le milieu de vie. La compréhension de cet équilibre en classe de première permettra d'aborder sa perturbation par l'humanité en terminale.

Savoirs : La puissance reçue par le sol en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère. Ces deux dernières sont du même ordre de grandeur.

Un équilibre, qualifié de dynamique, est atteint lorsque le sol reçoit au total une puissance moyenne égale à celle qu'il émet. La température moyenne du sol est alors constante.

Savoir-faire : Expliquer qualitativement l'influence des différents facteurs (albedo, effet de serre) sur la température terrestre moyenne.

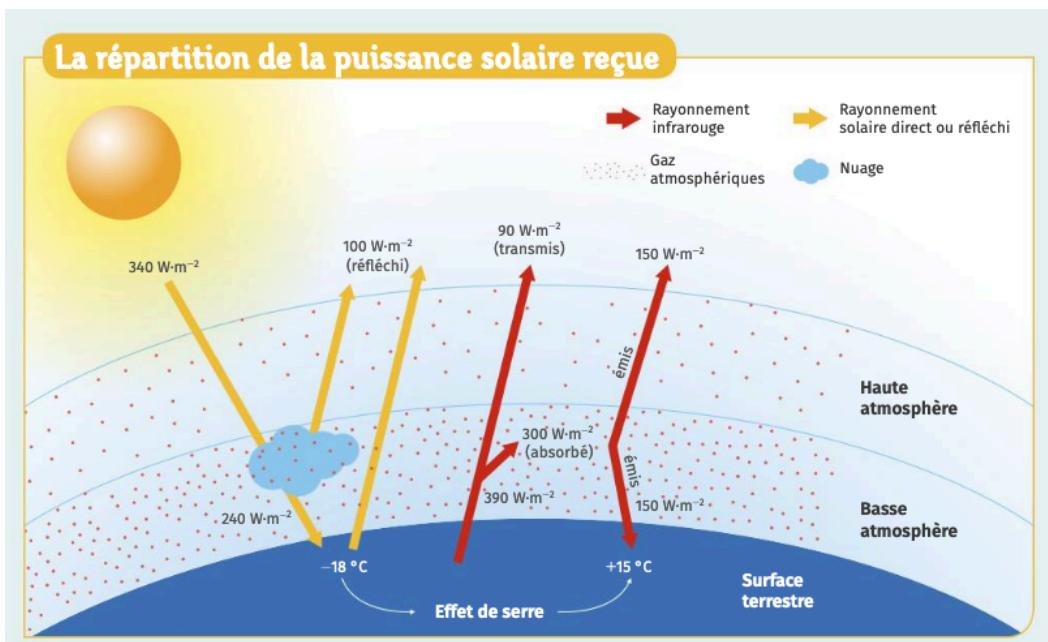
Prérequis et limites : L'objectif de ce paragraphe est de comprendre qualitativement comment le bilan énergétique de la Terre conditionne sa température.

- La puissance reçue par une surface est égale à : $P = P_{\text{SOL}} + P_{\text{ES}}$, avec P_{SOL} la puissance reçue du Soleil et P_{ES} la puissance reçue de l'atmosphère (par l'effet de serre, une autre partie P_{ES} étant émise vers l'espace – et donc « perdue » pour la planète).

Ces deux puissances sont du même ordre de grandeur : $P_{\text{SOL}} = 240 \text{ W.m}^{-2}$, $P_{\text{ES}} = 150 \text{ W.m}^{-2}$.

- La puissance reçue par une surface⁶ n'est qu'une partie de la puissance solaire (totale) arrivant sur Terre (Pi, incidente) car une partie est perdue par réflexion (P_{ALB} , qui dépend de l'albédo) : $P_{\text{SOL}} = P_i - P_{\text{ALB}}$.

☞ [Le livre scolaire page 91](#)



- Le **bilan radiatif** est égal à : puissance reçue – puissance émise (et non récupérée), soit $\sum = P_r - P_e$.
- L'équilibre est atteint lorsque la puissance reçue est égale à la puissance émise : la température moyenne de la surface est alors constante (et donc le bilan radiatif est nul puisque $P_r = P_e$).

À l'équilibre, la température moyenne (globale) de la Terre est de 15°C.

- On dit que cet équilibre est **dynamique** (et non statique) car il provient de deux grandeurs qui se compensent l'une l'autre, et non d'une absence de variation.
- Si la puissance reçue est supérieure à la puissance émise ($P_r > P_e$), le bilan radiatif est positif et la température augmente (et inversement).
- Avec la puissance reçue $P_r = P_{\text{SOL}} + P_{\text{ES}}$, la puissance émise $P_e = P_{\text{ALB}} + P_{\text{ES}'}$, le bilan radiatif devient :
$$\sum = P_{\text{SOL}} + P_{\text{ES}} - P_{\text{ALB}} - P_{\text{ES}'}$$

→ *On voit que le bilan radiatif terrestre dépend surtout, à moyen terme, de l'effet de serre et de l'albédo (P_{SOL} , dépendant de l'activité solaire, étant peu variable).*

⁶ Cette grandeur, la « quantité d'énergie disponible », a été calculée dans l'exercice du bilan de l'activité 1.