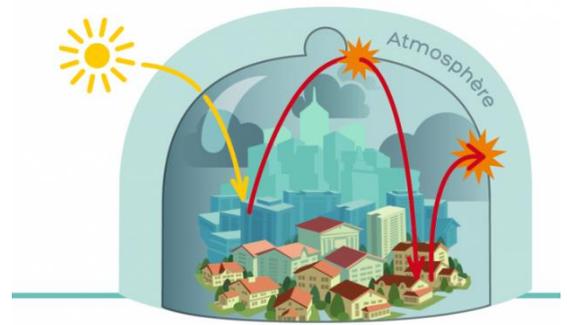


ACTIVITÉ 2.2.4. – EFFET DE SERRE ET BILAN RADIATIF 

Une partie du rayonnement solaire parvenant à la surface de la Terre est absorbée par les océans et les continents, entraînant leur réchauffement. Ceci devrait permettre d'atteindre une température moyenne d'environ -18°C , or la température moyenne mesurée sur Terre est de $+15^{\circ}\text{C}$.

Quels phénomènes permettent d'expliquer la température moyenne mesurée sur Terre ?

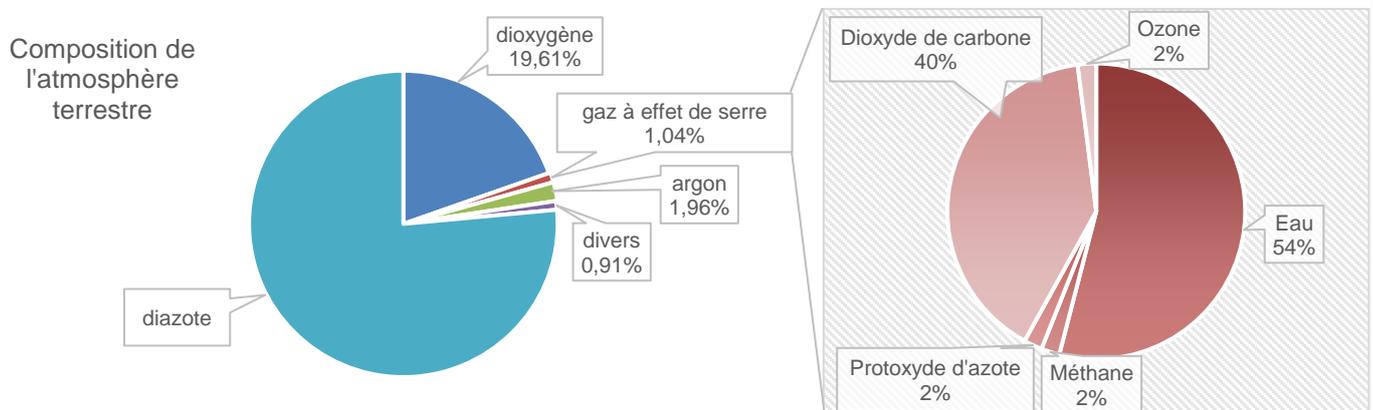
www.ecologie.gouv.fr
Crédits : Meem/Dicom



I. Effet de serre

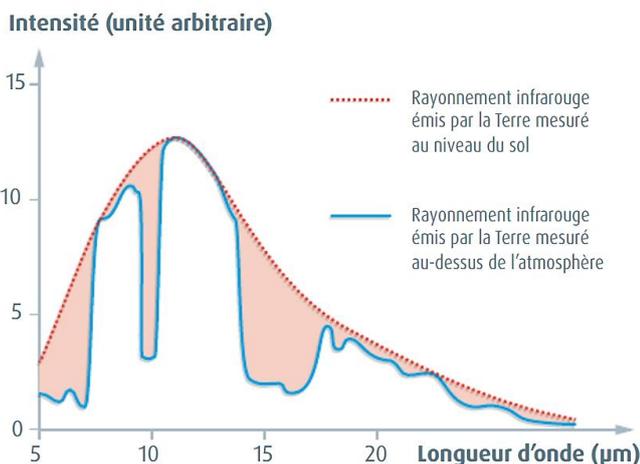
Doc. 1 Composition de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est composée de différents gaz, dont certains sont appelés gaz à effet de serre : l'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4) et l'ozone (O_3). Les diagrammes ci-dessous indiquent les proportions de chacun de ces gaz dans l'atmosphère terrestre.



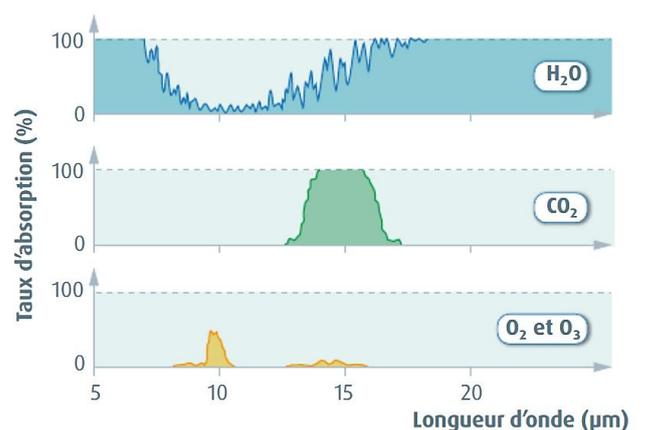
Doc. 2 Emission terrestre, d'après Belin

On constate un écart conséquent entre le profil spectral d'émission terrestre mesuré au niveau du sol et le spectre mesuré au-dessus de l'atmosphère.



Doc. 3 Absorption IR, d'après Belin

Les graphes ci-dessous représentent l'absorption du rayonnement infrarouge par certains gaz de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde.



Ces gaz sont appelés gaz à effet de serre.

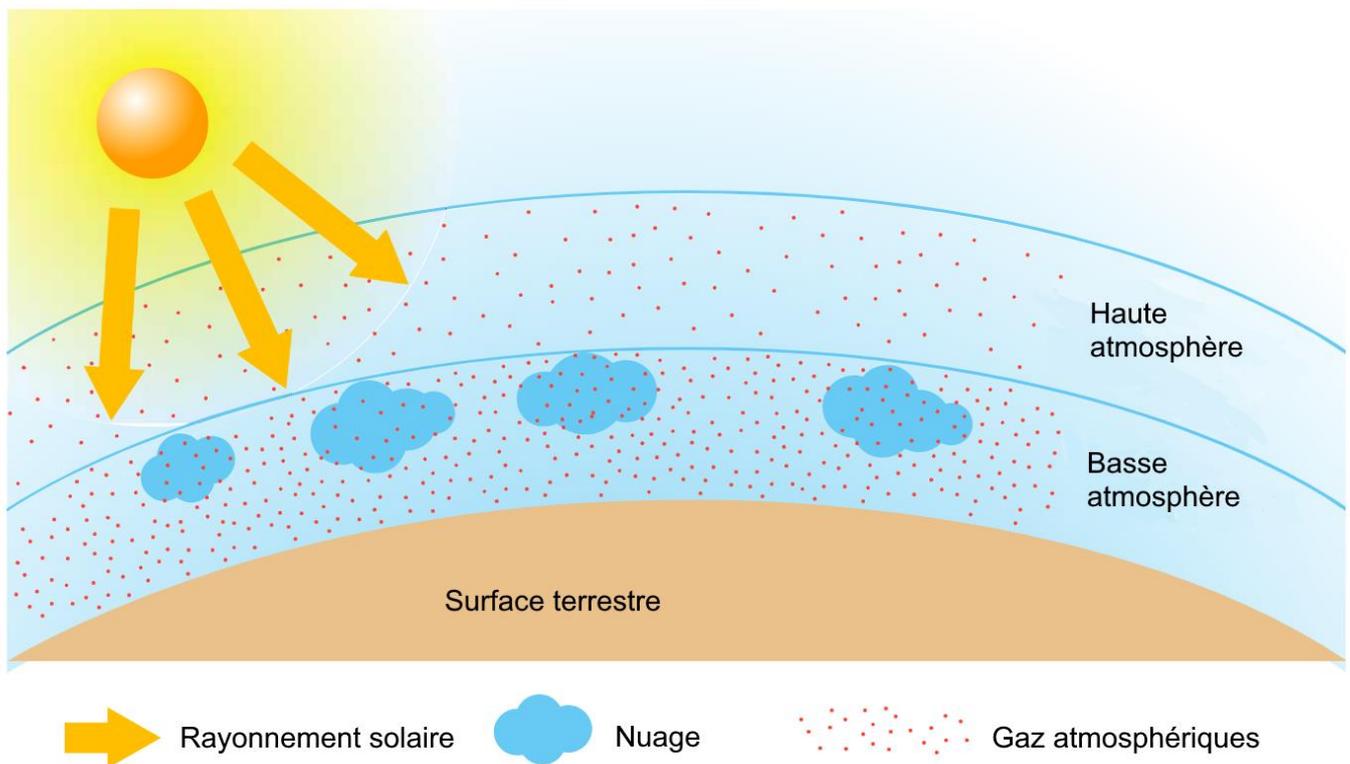
1. A l'aide des Doc.1, 2 et 3, expliquer en quoi consiste l'effet de serre.

II. Bilan radiatif de la Terre

Doc. 4 Bilan radiatif de la Terre

Pour réaliser le bilan radiatif de la Terre, il faut faire la synthèse des échanges d'énergie entre la Terre et le reste de l'Univers. On peut résumer ces échanges ainsi :

1. La Terre reçoit du Soleil un rayonnement d'une puissance d'environ $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
30 % de ce rayonnement est directement réfléchi (par l'atmosphère, la surface au sol, les océans...) : c'est l'effet d'albédo.
2. La partie du rayonnement solaire non réfléchi est absorbée par la Terre : le sol terrestre s'échauffe et émet un rayonnement dans le domaine des infrarouges. La puissance de ce rayonnement vaut environ $390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
 - Une partie de ce rayonnement IR (environ $90 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) traverse l'atmosphère en direction de l'espace.
 - Le reste est absorbé puis réémis par l'atmosphère : la moitié vers le sol et l'autre moitié vers l'espace. C'est ce que l'on appelle l'effet de serre.



Doc. 5 Equilibre thermique

Si un corps reçoit plus d'énergie thermique qu'il n'en perd, sa température augmente.

Si un corps reçoit moins d'énergie thermique qu'il n'en perd, sa température diminue.

Lorsque l'énergie thermique émise par un corps est exactement compensée par l'énergie reçue, la température reste alors constante et l'équilibre thermique est atteint.

1. Compléter le schéma et la légende du Doc. 4 en représentant l'ensemble des rayonnements émis et reçus par le sol ainsi que leur puissance par unité de surface. Montrer que la température moyenne de la Terre est constante du fait d'un équilibre dynamique.

CORRECTION ET BILAN

2.2.4. – EFFET DE SERRE ET BILAN RADIATIF 

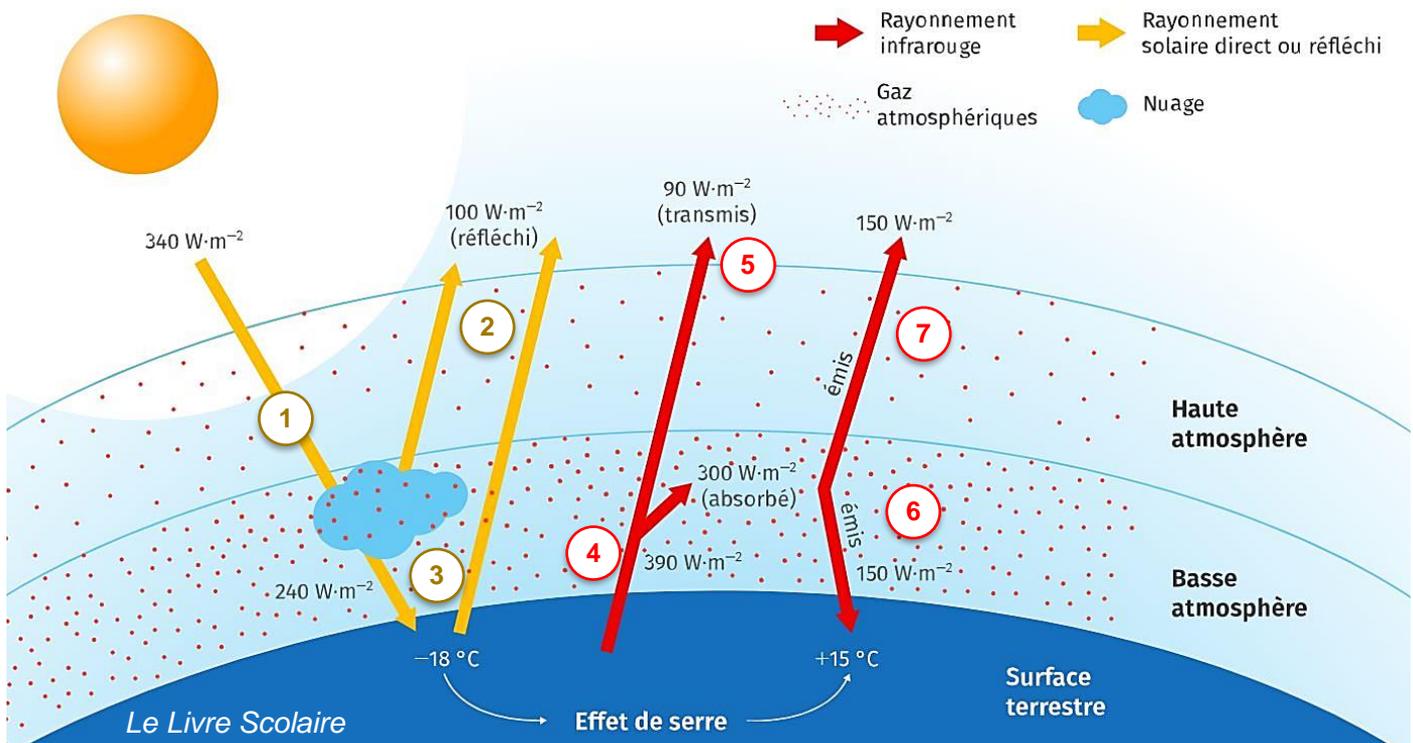
Correction

I.1. Sur le Doc.2 :

- le spectre en pointillés est le spectre du rayonnement émis par la Terre ; c'est un spectre d'émission de corps noir classique ;
- le spectre en trait plein présente des bandes manquantes : elles correspondent aux longueurs d'onde absorbées par les gaz présents dans l'atmosphère (Doc.3 : en particulier, CO_2 absorbe vers $15 \mu\text{m}$ et O_2 et O_3 vers $10 \mu\text{m}$).

Cela montre clairement que l'atmosphère terrestre absorbe une partie de la puissance rayonnée dans l'IR par le sol terrestre : ce rayonnement ne s'échappe donc pas de la planète vers l'espace. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

II.1. et BILAN :



La Terre reçoit un rayonnement solaire d'environ $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (1).

L'albédo de la Terre vaut 0,3 donc la puissance par unité de surface renvoyée par la terre à cause de son albédo vaut $0,3 \times 340 \approx 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (2). Il parvient donc $340 - 100 = 240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ au niveau du sol terrestre (3).

Le sol émet un rayonnement thermique infrarouge d'environ $390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (4). Environ $90 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ traverse l'atmosphère en direction de l'espace (5). Le reste, c'est-à-dire $390 - 90 = 300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ est absorbé puis réémis par l'atmosphère : la moitié, soit $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ vers le sol (6) et l'autre moitié, soit $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ vers l'espace (7).

Bilan radiatif à la surface de la Terre :

- 1) Le sol émet un rayonnement thermique infrarouge de puissance : $P_{\text{émise}} = 390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - 2) En un lieu donné, le sol est réchauffé par :
 - (3) : la fraction de la puissance solaire qui lui parvient : $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
 - (6) : la fraction du rayonnement IR émis par la Terre, et réémis vers le sol par l'atmosphère : $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
- Puissance totale reçue par le sol : $P_{\text{reçue}} = 240 + 150 = 390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Conclusion : la puissance émise par le sol est compensée par la puissance reçue : on est donc dans une situation d'équilibre dynamique qui justifie que la température moyenne de la Terre est constante.