

AD.15A – Effet de Serre

Le bilan thermique du système Terre-atmosphère permet d'exprimer sa température d'équilibre en fonction de deux paramètres importants, l'albédo A et le coefficient d'absorption a .

Objectif : Calculer la température d'équilibre de la surface de la Terre

Étymologie

Albédo : mot d'origine latine signifiant « blancheur ».



- Aire d'un disque de rayon R : $S = \pi R^2$
- Aire d'une sphère de rayon R : $S = 4\pi R^2$

Doc. 1 – Loi de Stefan Boltzman

Un corps noir est un objet idéal qui absorbe la totalité de l'énergie des photons qui frappent sa surface. Le Soleil et la Terre sont assimilés à des corps noirs de températures de surface respectives $T_s = 5\,778$ K et $T_r = ?$

Un corps noir rayonne de l'énergie thermique. La puissance émise par une surface de ce corps d'aire S , à la température T , est donnée par la loi de Stefan-Boltzmann :

$$P_{ray} = \sigma T^4 S$$

où $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ est la constante de Stefan-Boltzmann.

Doc 2 – Albedo terrestre et coefficient d'absorption atmosphérique

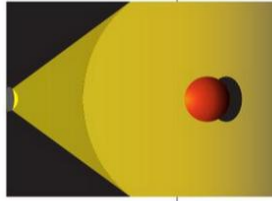
La surface du système Terre-atmosphère réfléchit la fraction A du rayonnement solaire, elle en absorbe donc la fraction $(1 - A)$. A est l'albédo terrestre moyen ($A = 0,34$). L'albédo est une grandeur sans dimension : plus la surface considérée est blanche, plus l'albédo est proche de 1 (0,60 pour la glace) ; plus elle est sombre, plus il est proche de 0 (0,10 pour une forêt de conifères).

L'atmosphère terrestre absorbe la fraction a du rayonnement terrestre, seule la fraction $(1 - a)$ est émise dans le cosmos. a est le coefficient d'absorption du rayonnement terrestre dans l'atmosphère : plus la quantité de gaz à effet de serre est grande dans l'atmosphère, plus a est grand. On prendra $a = 0,45$.

Chapitre 15

3 Puissance reçue par une boule

• Dans l'obscurité, on braque une lampe vers un mur blanc. La puissance lumineuse reçue par le mur vaut P . Elle se répartit sur la surface d'aire S du mur éclairée par le faisceau.



• On place une boule de rayon R dans le faisceau de la lampe, au contact du mur. L'ombre de la boule, un disque de rayon R , a pour aire s . La puissance P' reçue par la surface de la boule est alors une fraction de la puissance totale :

$$P' = \frac{s}{S} P$$

• La puissance solaire reçue par la Terre est donnée par l'expression ci-dessus, avec $s = \pi R_T^2$, $S = 4\pi r^2$ et P la puissance totale émise par le Soleil.

Données • Rayon du Soleil : $R_S = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$ • Rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$ • Distance Terre-Soleil : $r = 1,50 \times 10^{11} \text{ m}$

Questions

- 1 a. Calculer la valeur de la puissance totale $P_{\text{ray,S}}$ rayonnée par le Soleil (doc. 1).
b. En déduire la puissance solaire reçue par la Terre $P'_{\text{ray,S}}$ (doc. 3) et la puissance surfacique $p_S = \frac{P'_{\text{ray,S}}}{4\pi R_T^2}$.
- 2 a. Calculer la puissance solaire P_a absorbée par le système Terre-atmosphère (doc. 1).
b. Exprimer la puissance $P_{\text{ray,T}}$ rayonnée par la Terre en fonction de T_T (doc. 1).
c. En déduire la puissance P_e émise par le système Terre-atmosphère vers le cosmos, après absorption partielle par l'atmosphère (doc. 2).
- 3 À l'équilibre thermique du système Terre-atmosphère, $P_a = P_e$.
En déduire la température d'équilibre T_T et sa valeur θ_T exprimée en degrés Celsius.

Bilan

- Faire un schéma avec le Soleil, la Terre et son atmosphère, et indiquer par des flèches les différents échanges énergétiques avec les valeurs des puissances associées.

► Cours 5 p. 438