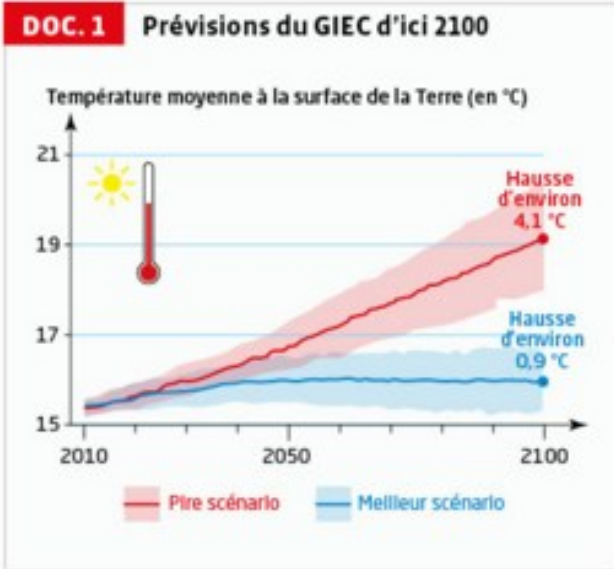


Bilan radiatif de la Terre

Les experts du GIEC prévoient, à l'horizon 2100, une augmentation moyenne de la température de 3 à 4 °C sur la surface terrestre. Les conséquences seraient, entre autres, une élévation du niveau des mers et des océans de plus d'un mètre, et une perte considérable d'étendues terrestres pour les régions côtières ou à faible altitude.

Quels modèles permettent d'estimer l'évolution de la température de la surface de la Terre ?



DOC. 2 Corps noir

Un corps noir est un objet théorique qui absorbe intégralement le rayonnement électromagnétique qu'il reçoit. Sous l'effet de l'agitation thermique induite, ce corps émet alors un rayonnement électromagnétique qui ne dépend que de sa température. La loi de Stefan-Boltzmann permet de relier cette température T au flux thermique surfacique rayonné φ_E :

Unités SI :
 φ_E en watt par mètre carré ($W \cdot m^{-2}$)
 σ constante de Stefan-Boltzmann,
 $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
 T en kelvin (K)


$$\varphi_E = \sigma T^4$$

DOC. 3 Albédo

- Considérons un système qui reçoit un rayonnement électromagnétique bien déterminé, par exemple le rayonnement solaire. Une partie du rayonnement solaire reçu est réfléchi et diffusé, et une autre partie est absorbée par le système. L'albédo A est le quotient du flux thermique surfacique φ_D réfléchi et diffusé par ce système par le flux thermique surfacique φ_S incident : $A = \frac{\varphi_D}{\varphi_S}$.
- Le flux thermique surfacique moyen émis par le Soleil et reçu par le système {Terre ; atmosphère} est égal à : $\varphi_S = 350 W \cdot m^{-2}$.
- Les albédos de différentes surfaces sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Type de surface	Albédo
Mer	0,1
Forêt	0,1
Nuage	0,5 à 0,8
Glace	0,5 à 0,7
Neige fraîche	0,8

La mer absorbe davantage le rayonnement solaire que la neige.



Le système {Terre ; atmosphère} présente un albédo moyen considérable (de l'ordre de 0,3), auquel les continents, le sable et la neige apportent une contribution très importante.

D'après meteofrance.fr

DOC. 4 Influence de l'atmosphère

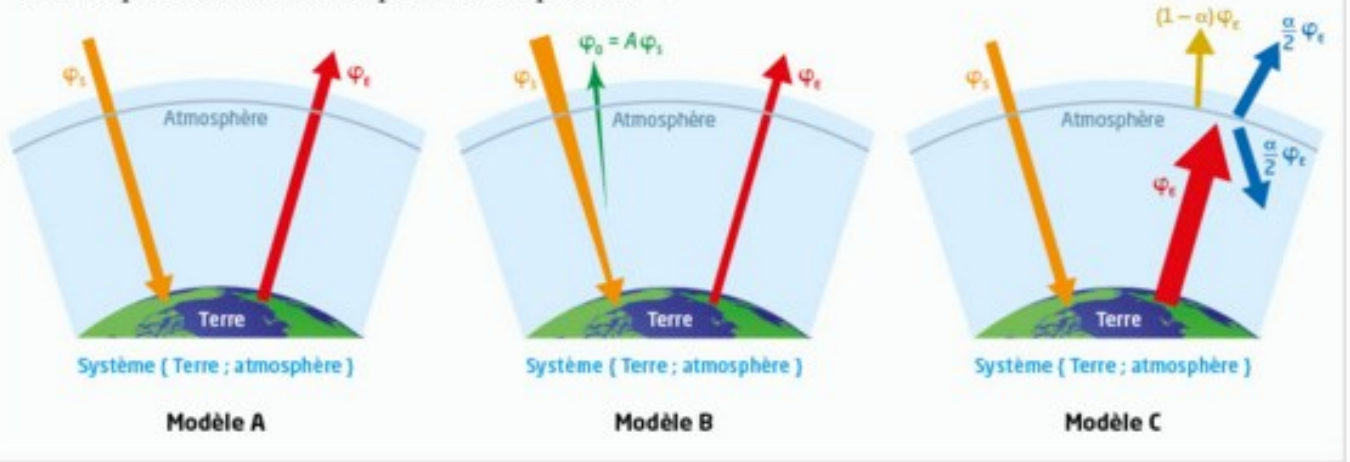
Une atmosphère contenant des gaz à effet de serre (eau, dioxyde de carbone, méthane, ozone, etc.) absorbe une proportion α du rayonnement émis par la planète. Cette proportion est d'environ 75 % pour la Terre. Elle dépend des concentrations des gaz à effet de serre. Plus ces concentrations sont grandes, plus

l'absorption, et donc la valeur de α , sont importantes. Ce rayonnement absorbé est ensuite ré-émis aléatoirement dans toutes les directions. Ainsi, environ la moitié du rayonnement infrarouge absorbé par les gaz à effet de serre repart dans l'espace, tandis que l'autre moitié retourne à la surface terrestre.

DOC. 5 Différents modèles possibles

Pour chacun des modèles proposés, le système {Terre ; atmosphère} est considéré en équilibre radiatif : il reçoit au total un flux thermique moyen égal à celui qu'il réémet dans l'espace. La température

moyenne de surface de la Terre est alors constante. Le rayonnement émis par la Terre est supposé semblable à celui d'un corps noir.



Questions :

1. Associer des modèles présentés dans le doc. 5 aux docs 2, 3 et 4 correspondants.
2. a. Dans le cadre du modèle A :
 - utiliser la condition d'équilibre radiatif décrite dans le doc 5 pour déterminer la valeur du flux thermique surfacique φ_e rayonné par la surface terrestre ;
 - en déduire la valeur de la température moyenne $T_{T,A}$ de la surface terrestre estimée dans le cadre du modèle A puis commenter le résultat obtenu.
2. b. Dans le cadre du modèle B ou du modèle C :
 - utiliser la condition d'équilibre radiatif décrite dans le doc 5 pour déterminer la valeur du flux thermique surfacique reçu du Soleil φ_s , le flux thermique surfacique rayonné φ_e par la surface terrestre et l'albédo terrestre A (pour le modèle B) ou la proportion α du flux thermique surfacique rayonné par la surface terrestre et absorbé par l'atmosphère (pour le modèle C) ;
 - en déduire la valeur de la température moyenne $T_{T,B}$ ou $T_{T,C}$ de la surface terrestre estimée dans le cadre du modèle étudié puis commenter le résultat obtenu.
4. a. Montrer qu'un quatrième modèle, tenant compte à la fois de l'albédo et de l'effet de serre, permet d'obtenir l'expression suivante de la température moyenne de la surface terrestre :

$$T_{T,D} = \left(\frac{2 \times (1 - A)}{(2 - \alpha) \times \sigma} \times \varphi_s \right)^{1/4}$$

Calculer $T_{T,D}$ et conclure.

4. b. En se basant sur ce quatrième modèle et sur ses résultats, commenter l'influence de l'effet de serre et de l'albédo sur la température moyenne de la surface terrestre.