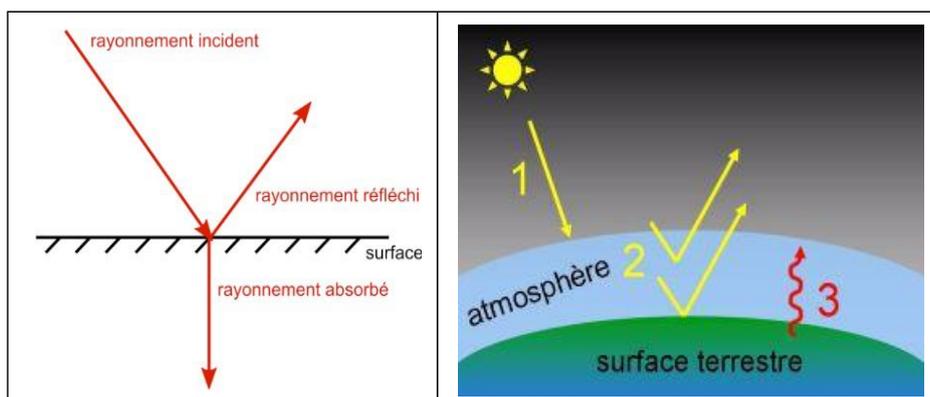


Le bilan radiatif terrestre

Le bilan radiatif permet de caractériser le devenir de la puissance solaire reçue par la Terre.

Ce bilan quantifie l'énergie reçue et perdue par le système climatique terrestre, donc au niveau de l'atmosphère, du sol et des océans.

Une partie de la puissance solaire incidente (1) est réfléchi (2) par l'atmosphère et par la surface de la Terre et est donc renvoyée dans l'espace. Une partie est absorbée par les surfaces rencontrées puis réémise (3).



I – Rayonnement solaire et albédo terrestre : l'énergie solaire est réfléchi

- Le soleil émet des rayonnements qui se répartissent autour de lui de façon isotrope. Seule une faible proportion du rayonnement émis par le soleil atteint la Terre et son atmosphère.

La proportion de la puissance totale qui atteint la Terre est déterminée par le rayon de la Terre et par la distance entre le soleil et la Terre.

Cf vidéo.....

Dessin à pour les élèves, avec les calculs... ???

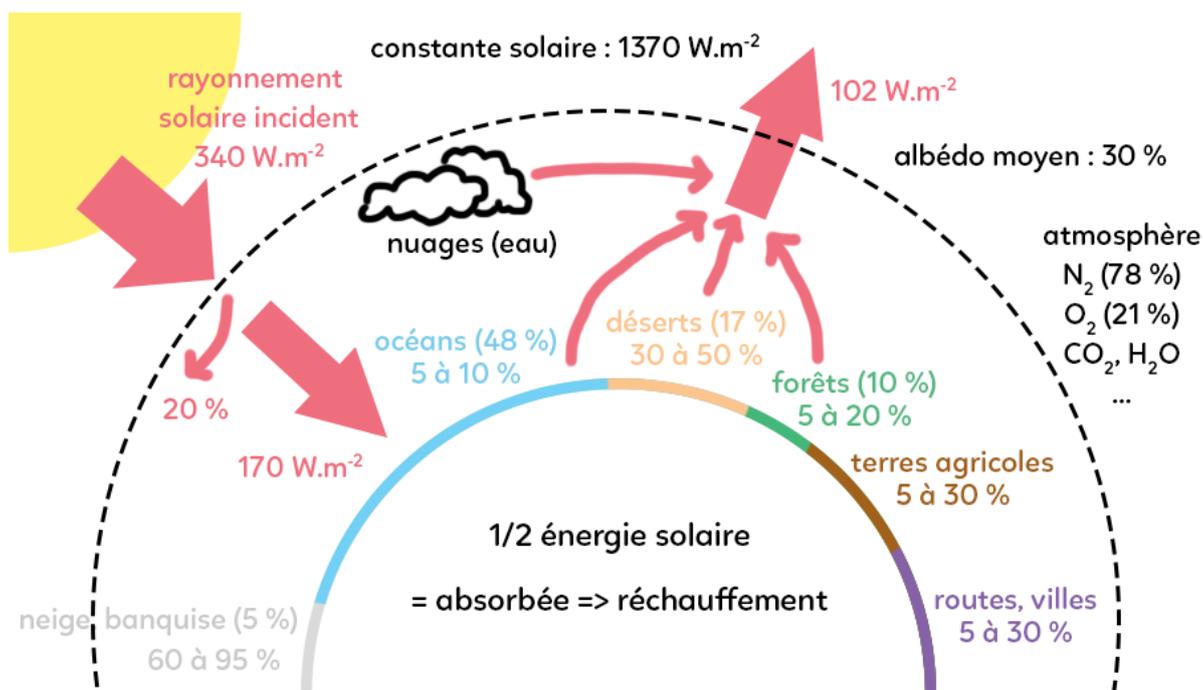
- L'albédo terrestre est défini comme la proportion d'énergie lumineuse réfléchi par la Terre par rapport à l'énergie incidente.

Détails de l'énergie réfléchi :

Réfléchi par l'air : C'est la réflexion de l'onde par les molécules atmosphérique et les particules les plus fines. La partie de l'énergie solaire réfléchi par l'air est constante sauf si l'atmosphère se charge en particules fines.

Réfléchi par les nuages : C'est la réflexion de l'énergie solaire par les gouttelettes d'eau contenues dans les nuages. La valeur de ce flux varie donc avec la teneur en eau du nuage. Par exemple, les cumulonimbus chargés d'eau réfléchissent beaucoup la lumière, plus que d'autres nuages. Ils contribuent donc fortement à l'albédo planétaire

Réfléchi par la surface, le sol et l'eau à la surface du globe



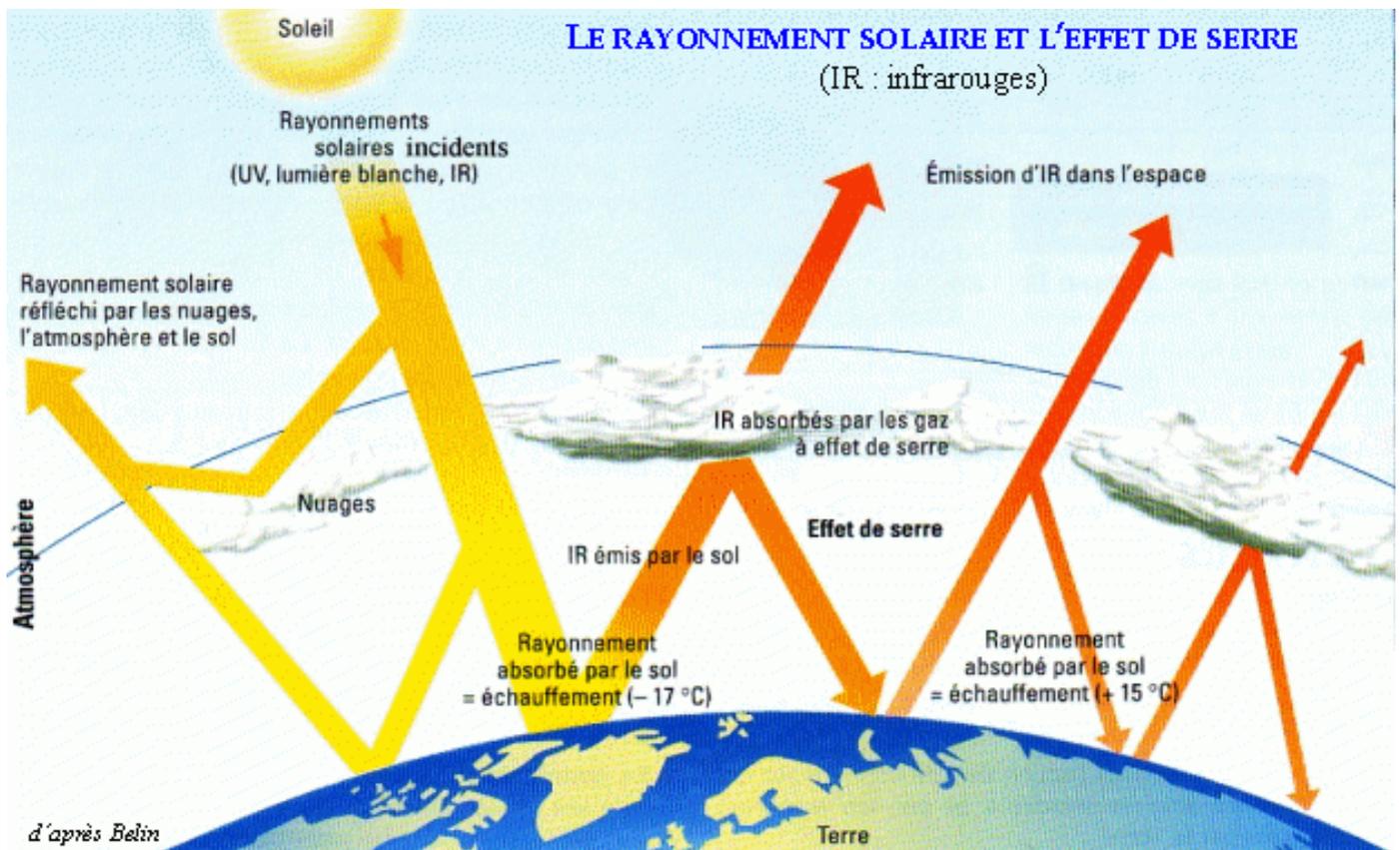
Cependant tous les corps n'ont pas le même pouvoir réflecteur : les surfaces claires (neige, glace ..) réfléchissent fortement le rayonnement solaire incident et ont un albédo plus élevé que les surfaces sombres (eau de mer, végétation...)

Type de surface	Albédo	Les variations de l'albédo terrestre en différents lieux du globe En %
Forêt de feuillus	0,15 à 0,20	
Mer	0,05 à 0,15	
Cultures	0,15 à 0,25	
Nuage	0,5 à 0,8	
Glace	0,60	
Neige fraîche	0,75 à 0,90	
Miroir	1	

II – Une partie de l'énergie absorbée est réémise : Rayonnement infrarouge et effet de serre

- Le sol émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine de l'infrarouge 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 : c'est l'effet de serre.

Rq : sans l'effet de serre naturel, la température moyenne à la surface de la Terre serait de -18°C au lieu des 15°C actuels.



III – Bilan énergétique terrestre : un équilibre radiatif dynamique

La puissance reçue par le sol en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue provenant du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère (rayonnement infrarouge absorbé par effet de serre et réémis vers le sol).

La présence de l'atmosphère est donc responsable d'une température terrestre moyenne actuelle de **+ 15 °C**, supérieure de 33 °C à la température qui régnerait sur Terre pour une même puissance solaire incidente, en absence d'atmosphère, c'est-à-dire en absence d'effet de serre. (cf la lune)

► Une température équilibrée

On dresse le **bilan radiatif** terrestre en faisant la différence entre l'énergie reçue par la Terre (depuis l'atmosphère et le Soleil) et l'énergie réémise. Cette différence, sur une courte période de temps, est nulle (**Fig. 6**) : le bilan est à l'équilibre, ce qui signifie que la température moyenne est constante.



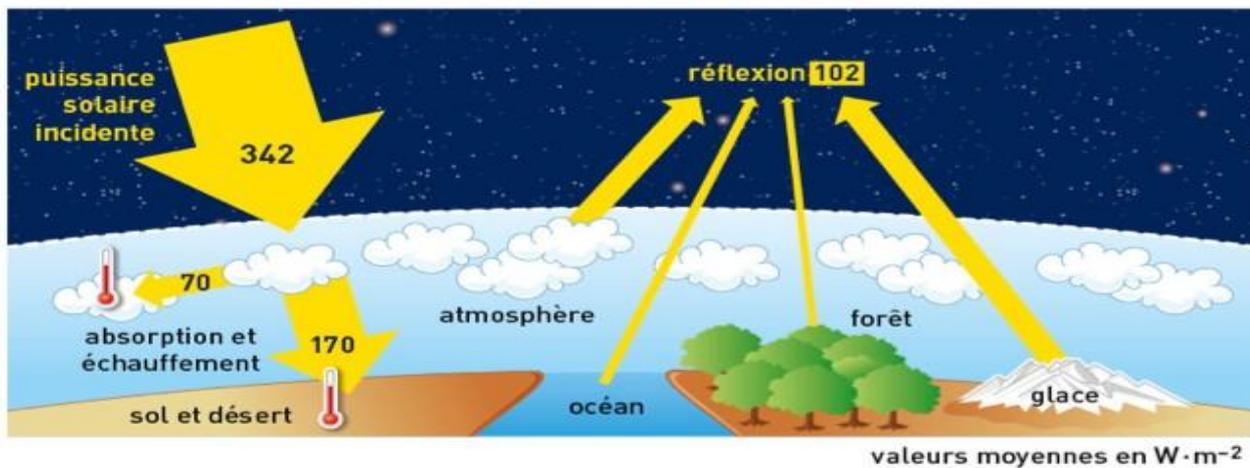
► Un équilibre « dynamique »

Une variation de l'activité solaire, une modification de l'intensité de l'effet de serre ou encore un changement d'albédo impactent le bilan radiatif terrestre, et peuvent donc conduire à une variation de la température moyenne.

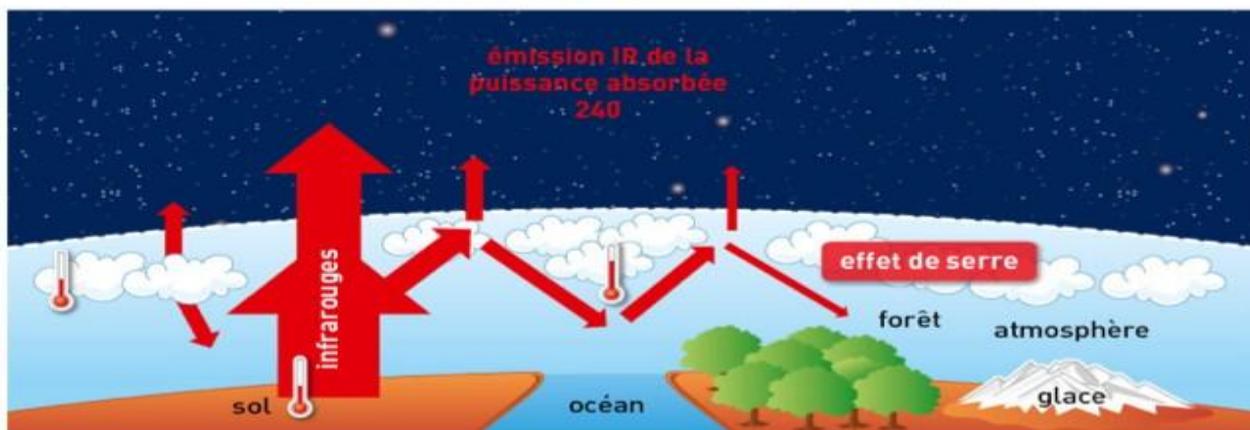
Le bilan radiatif terrestre est en équilibre dynamique, susceptible de varier.

Exemples : L'albédo moyen peut changer selon la proportion des différents types de surfaces terrestres, l'importance de la nébulosité, et la quantité d'aérosols. L'effet de serre peut s'accroître suite à une augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère.

Environ 70 % de la puissance reçue est absorbée.



La puissance absorbée alimente l'effet de serre.

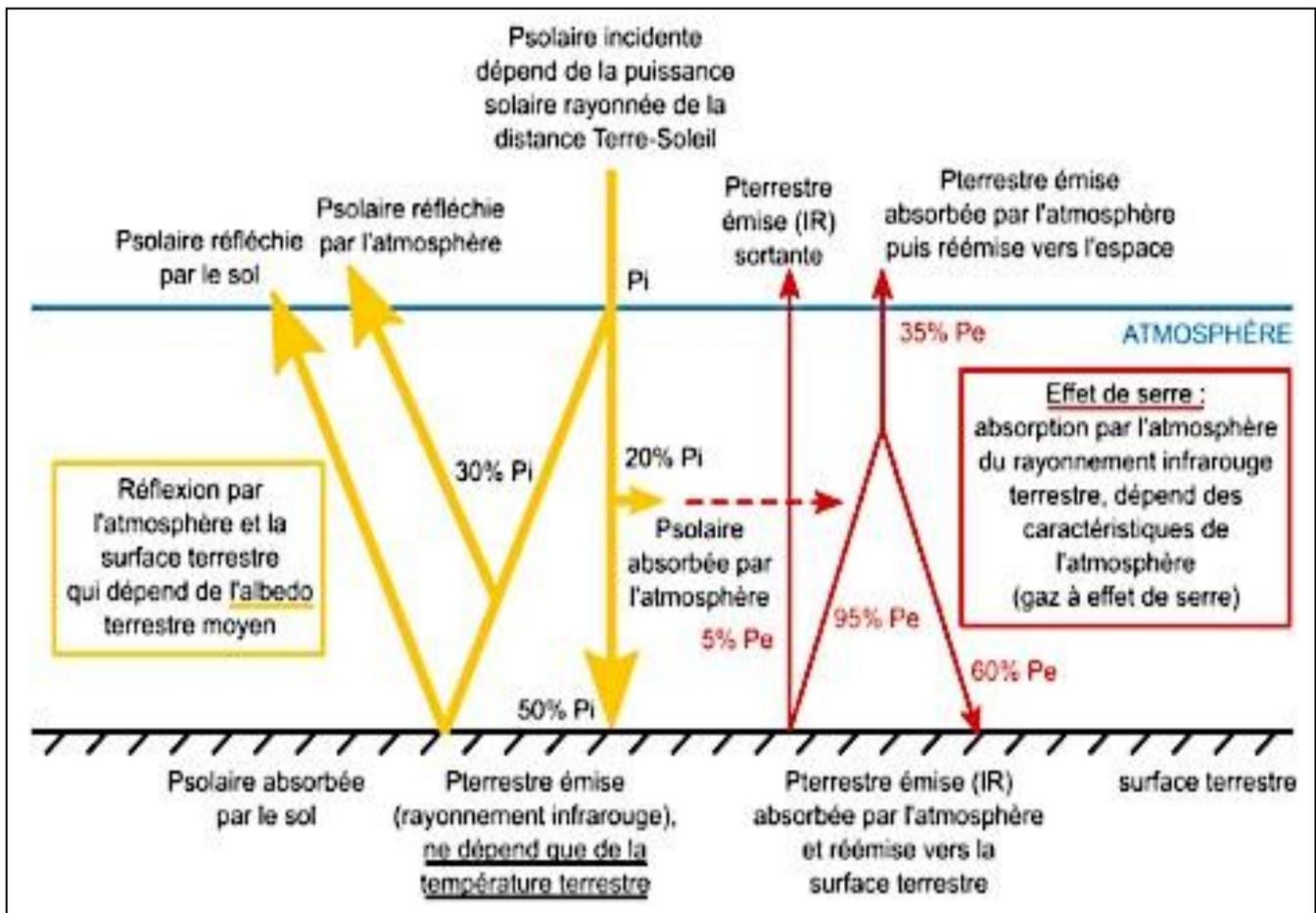


Bilan radiatif terrestre.

Les puissances P ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) sont reportées à la surface terrestre et les valeurs données (pourcentages) sont arrondies.

P_i : puissance solaire incidente.

P_e : puissance terrestre émise (rayonnement infrarouge).



EXERCICES

EXERCICE 1 :

Observée depuis l'Antiquité, Mars est souvent désignée sous le nom de « planète rouge » en raison de sa teinte caractéristique, aisément perceptible à l'œil nu.

La planète Mars est située à la distance moyenne de $d_{M-s} = 228 \times 10^9 \text{ m}$ du soleil.

Son rayon est de $R_M = 3.40 \times 10^6 \text{ m}$.

La puissance moyenne rayonnée par le soleil est $P_{\text{rayonnée}} = 3.84 \times 10^{26} \text{ W}$.

1. Exprimer la puissance solaire reçue par Mars en fonction de sa distance au soleil, de son rayon et de $P_{\text{rayonnée}}$ par le Soleil.
2. Calculer la puissance solaire reçue par Mars.

EXERCICE 2 :

Albédo et températures d'équilibre des planètes

Il est possible de calculer la température d'équilibre d'une planète en tenant compte de son albédo (A), de sa distance à son étoile, de la puissance rayonnée par celle-ci, et d'un effet de serre éventuel. Pour la Terre, la température d'équilibre (en °C) vaut ainsi :

$$T_{\text{eq}} = 280 \times (1 - A)^{1/4} - 240.$$

Dans l'univers de *Star Wars* créé par George Lucas, les planètes et satellites naturels présentent souvent une surface uniforme dont on peut évaluer l'albédo (tableau ci-dessus).

Planètes ou satellites	Kamino	Endor	Tatooine	Hoth
Conditions de surface	océans agités et nombreuses intempéries	forêts tempérées	déserts chauds et arides	surface enneigée et gelée
Albédo	0,07	0,16	0,45	0,76

1. Indiquer à quelles conditions la formule du calcul de la température d'équilibre de la Terre pourrait s'appliquer à ces quatre exemples.
2. En imaginant ces conditions remplies, calculer leurs températures d'équilibre.
3. Indiquer pour quel exemple le résultat obtenu n'est pas cohérent par rapport à la description de la planète, et formuler plusieurs hypothèses pour expliquer cette anomalie.

EXERCICE 3 :

La solubilité du CO_2 : un effet amplificateur

Le dioxyde de carbone (CO_2) est un gaz à effet de serre que les activités humaines rejettent massivement dans l'atmosphère depuis la fin du XIX^e siècle. Une partie de ce CO_2 atmosphérique se dissout dans l'eau des océans ; ces derniers en absorbent ainsi 25 milliards de tonnes chaque année !

Le graphique ci-contre montre l'évolution de la capacité du CO_2 à se dissoudre dans l'eau en fonction de la température de cette dernière.

- Utiliser le graphique afin d'expliquer les conséquences d'un réchauffement des océans sur le climat de la Terre.

