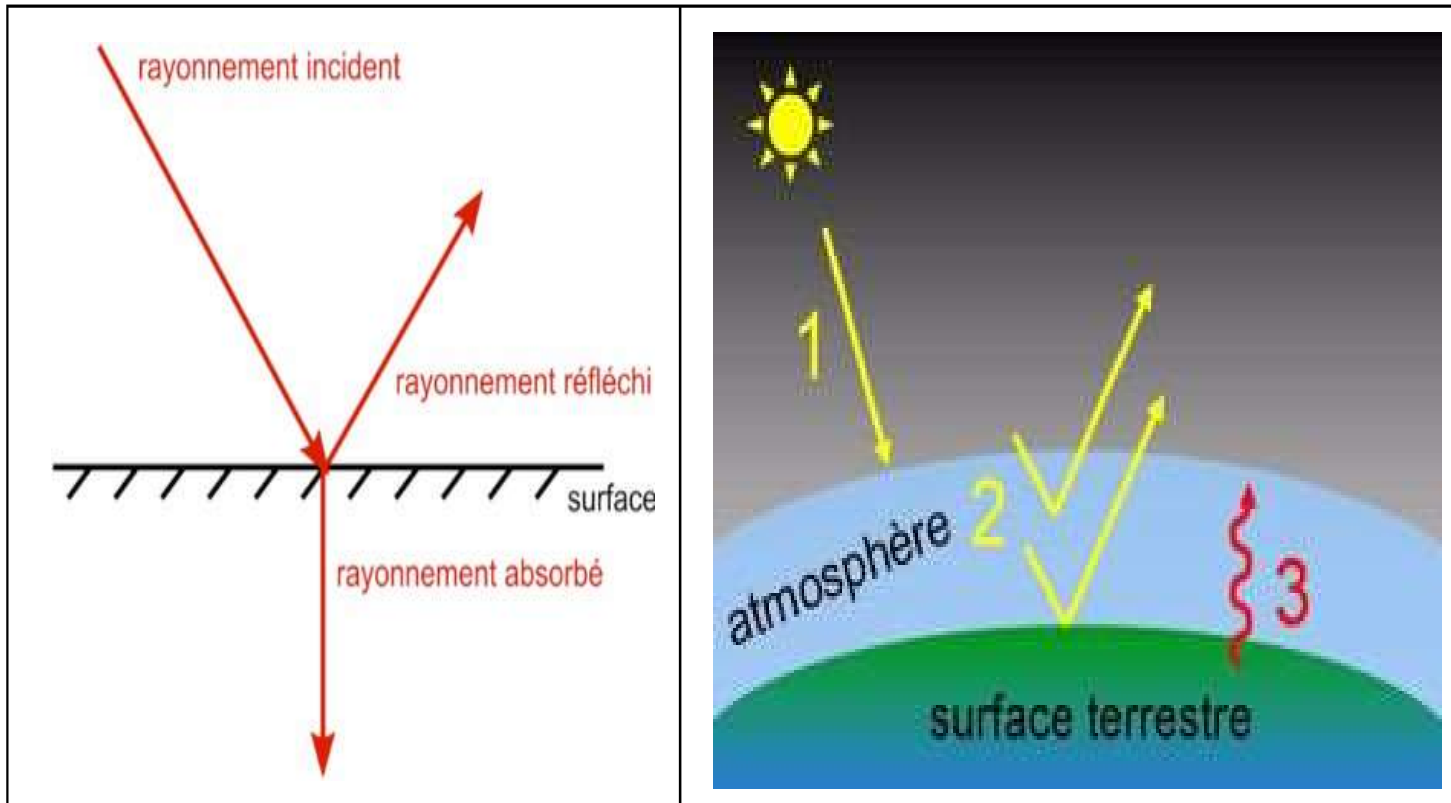


Le bilan radiatif terrestre

- 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.

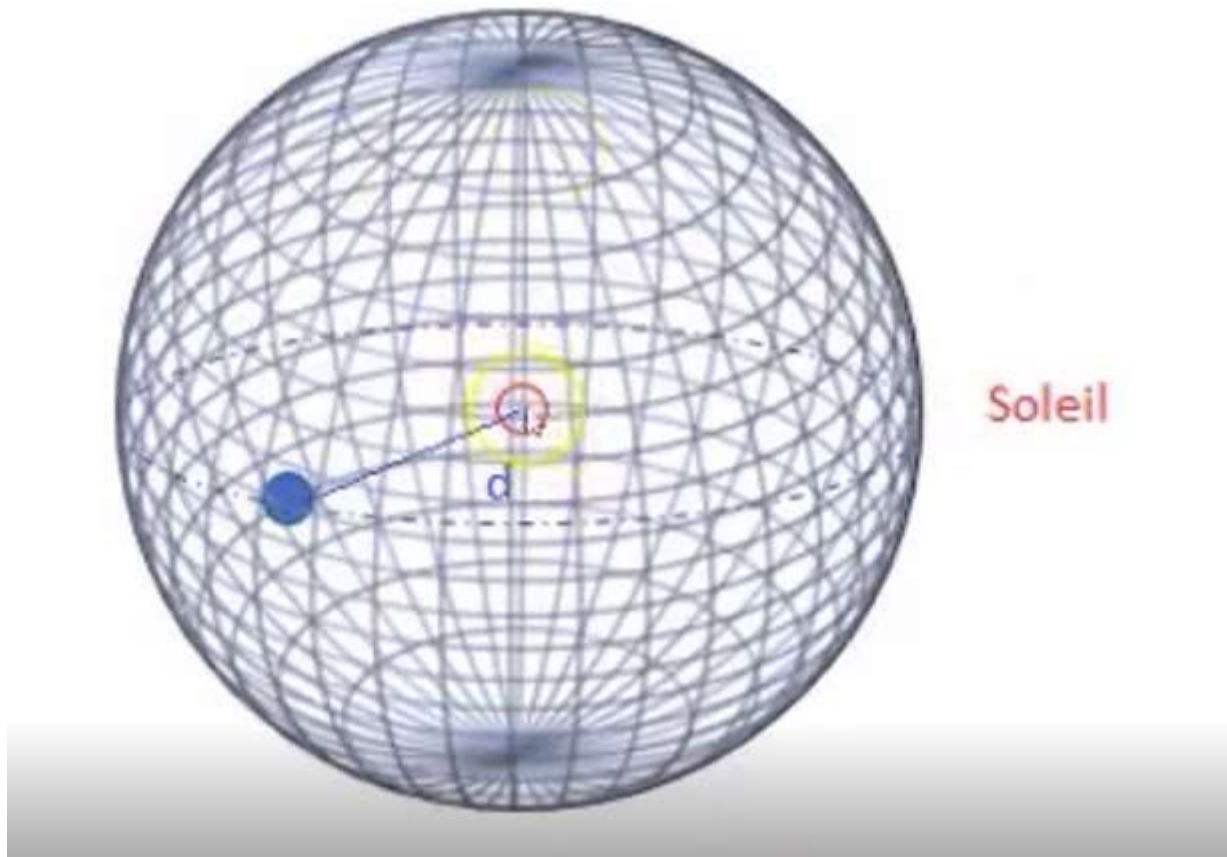


- puissance solaire incidente (1)
- puissance solaire incidente réfléchie (2)
- puissance solaire incidente absorbée puis réémise (3)

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

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

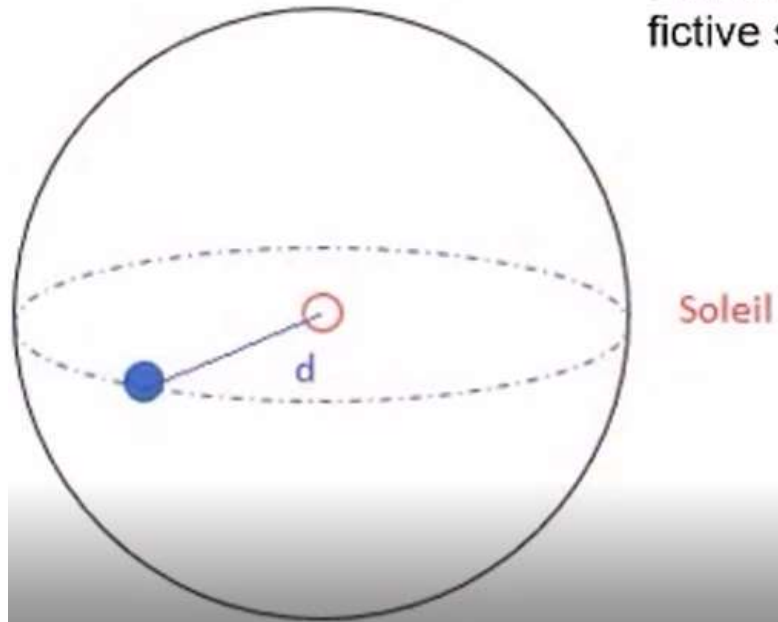
III – Bilan énergétique terrestre : Un équilibre radiatif
dynamique



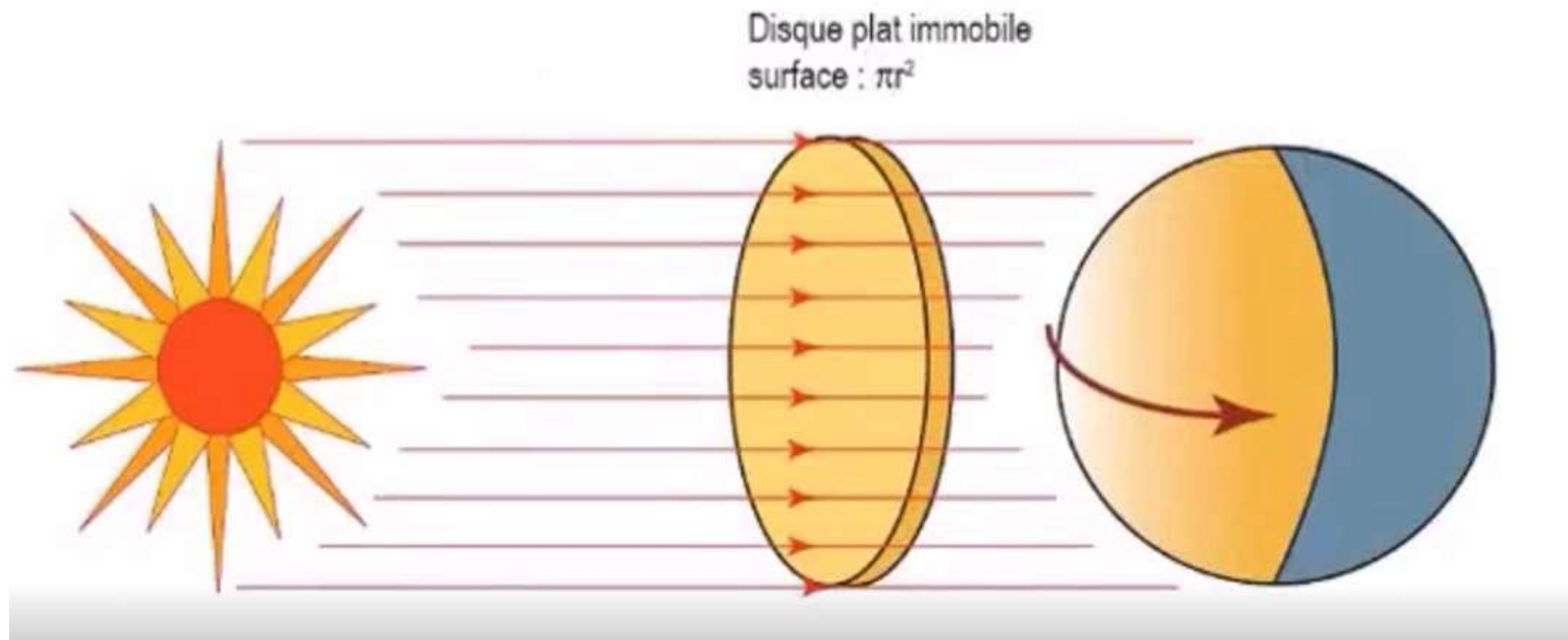
Terre : représente une toute petite surface de la surface de la sphère .

$d = \text{distance}_{\text{Soleil-Terre}}$

Le Soleil émet ses rayons dans toutes les directions de l'espace. À une distance d du Soleil la puissance totale émise par le Soleil se répartit sur l'ensemble de la sphère fictive située à cette distance d .



Surface de la sphère noire : $4\pi d^2$



Proportion de la puissance Solaire reçue sur Terre :
 $\pi r^2 / 4\pi d^2$

Puissance solaire reçue sur Terre =

$$P_{\text{tot}} \text{ (émise par le Soleil)} \times \pi r^2 / 4 \pi d^2$$

Valeurs numériques :

$$r = 6371 \text{ km}$$

$$d = 150.10^6 \text{ km}$$

$$\text{Puissance totale émise par le Soleil : } 3,86.10^{26} \text{ W}$$

Calcul de la puissance reçue sur Terre :

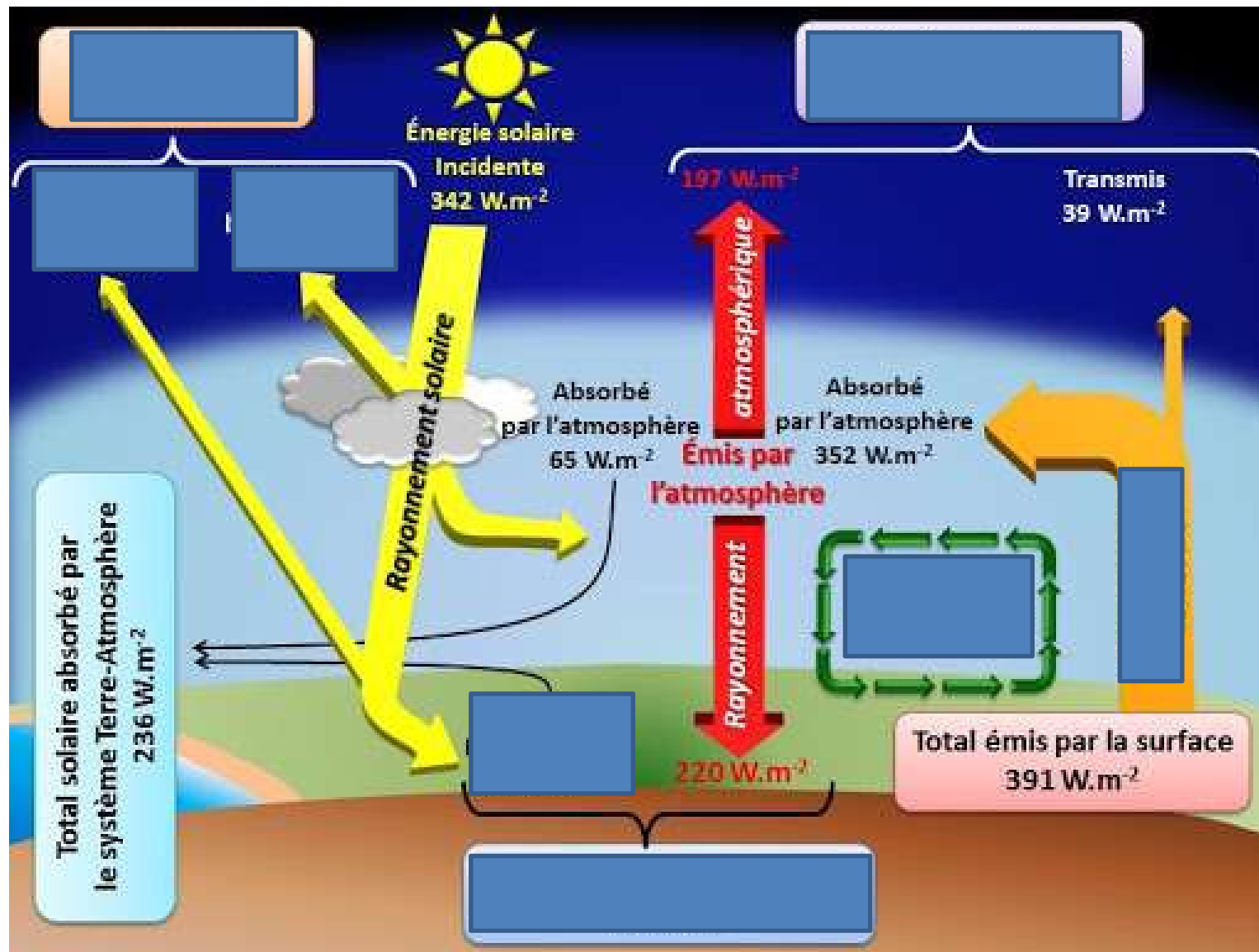
$$P_{\text{reçue sur Terre}} = 3.86.10^{26} \times \pi 6371^2 / 4 \times \pi (150.10^6)^2$$

$$P_{\text{reçue sur Terre}} = 1.74.10^{17} \text{ W}$$

Soit pour 1m² :

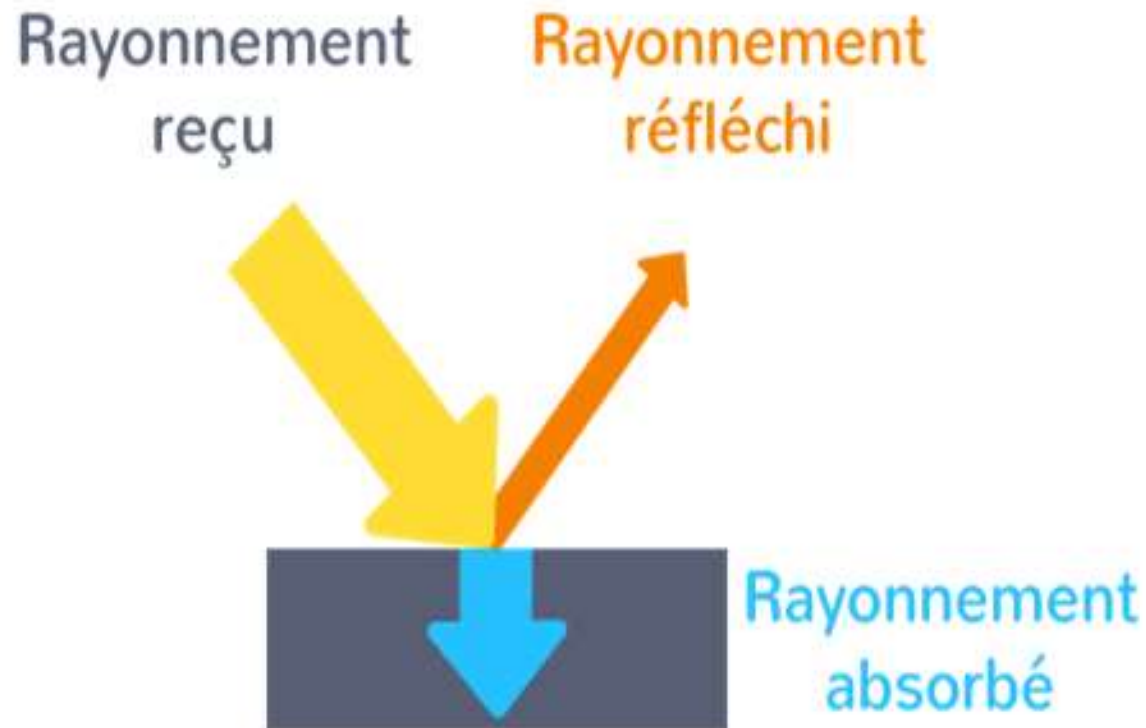
P reçue au total / Surface de la Terre :

$$1,74.10^{17} / 4\pi r^2 = 341 \text{ W.m}^2$$



L' ALBEDO

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



L' ALBEDO

Détails de l'énergie réfléchi :

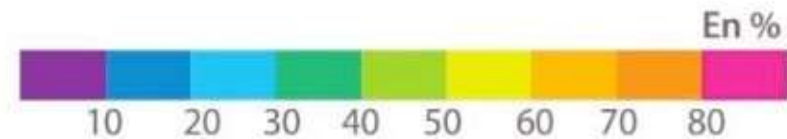
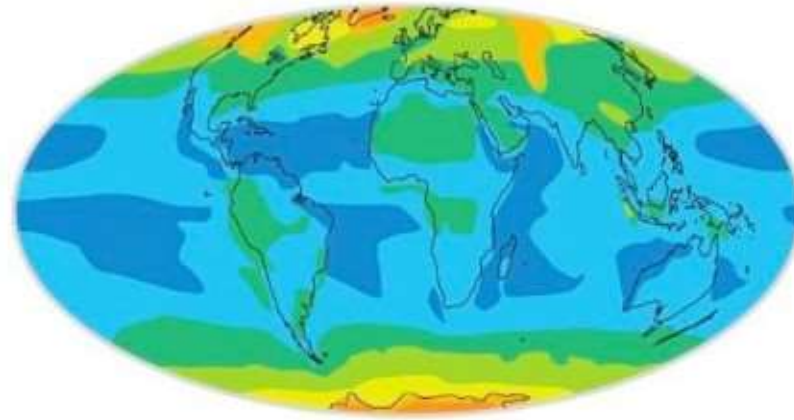
Réfléchi par l'air : C'est la réflexion de l'onde par les molécules atmosphérique et les particules les plus fines. La partie de l'énergie solaire réfléchi par l'air est constante sauf si l'atmosphère se charge en particules fines.

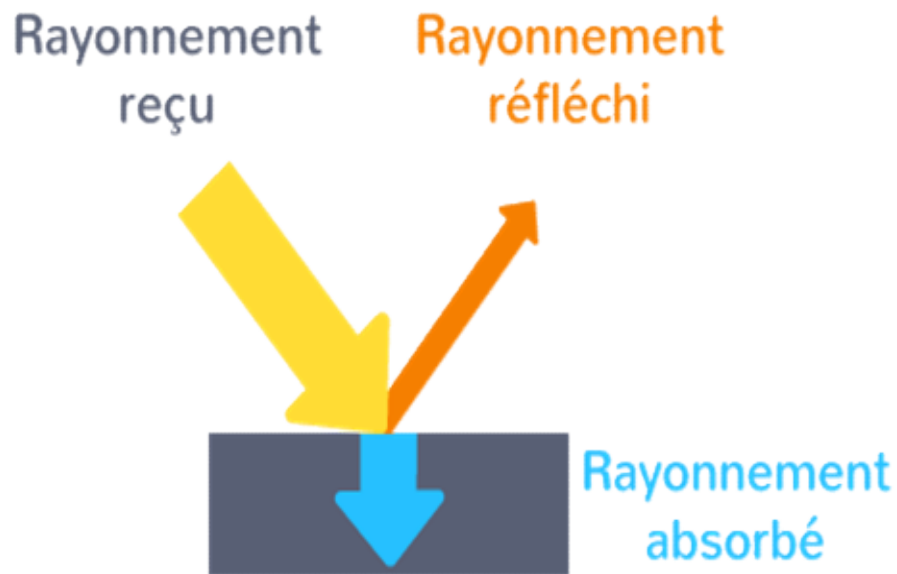
Réfléchi par les nuages : C'est la réflexion de l'énergie solaire par les gouttelettes d'eau contenues dans les nuages. La valeur de ce flux varie donc avec la teneur en eau du nuage. Par exemple, les cumulonimbus chargés d'eau réfléchissent beaucoup la lumière, plus que d'autres nuages. Ils contribuent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

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

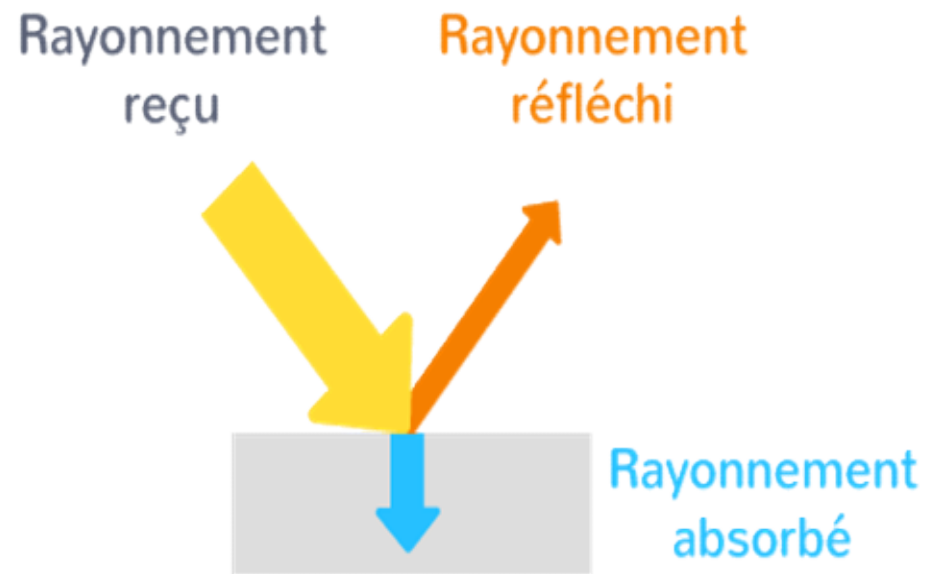
Type de surface	Albédo
Forêt de feuillus	0,15 à 0,20
Mer	0,05 à 0,15
Cultures	0,15 à 0,25
Nuage	0,5 à 0,8
Glace	0,60
Neige fraîche	0,75 à 0,90
Miroir	1

Les variations de l'albédo terrestre en différents lieux du globe



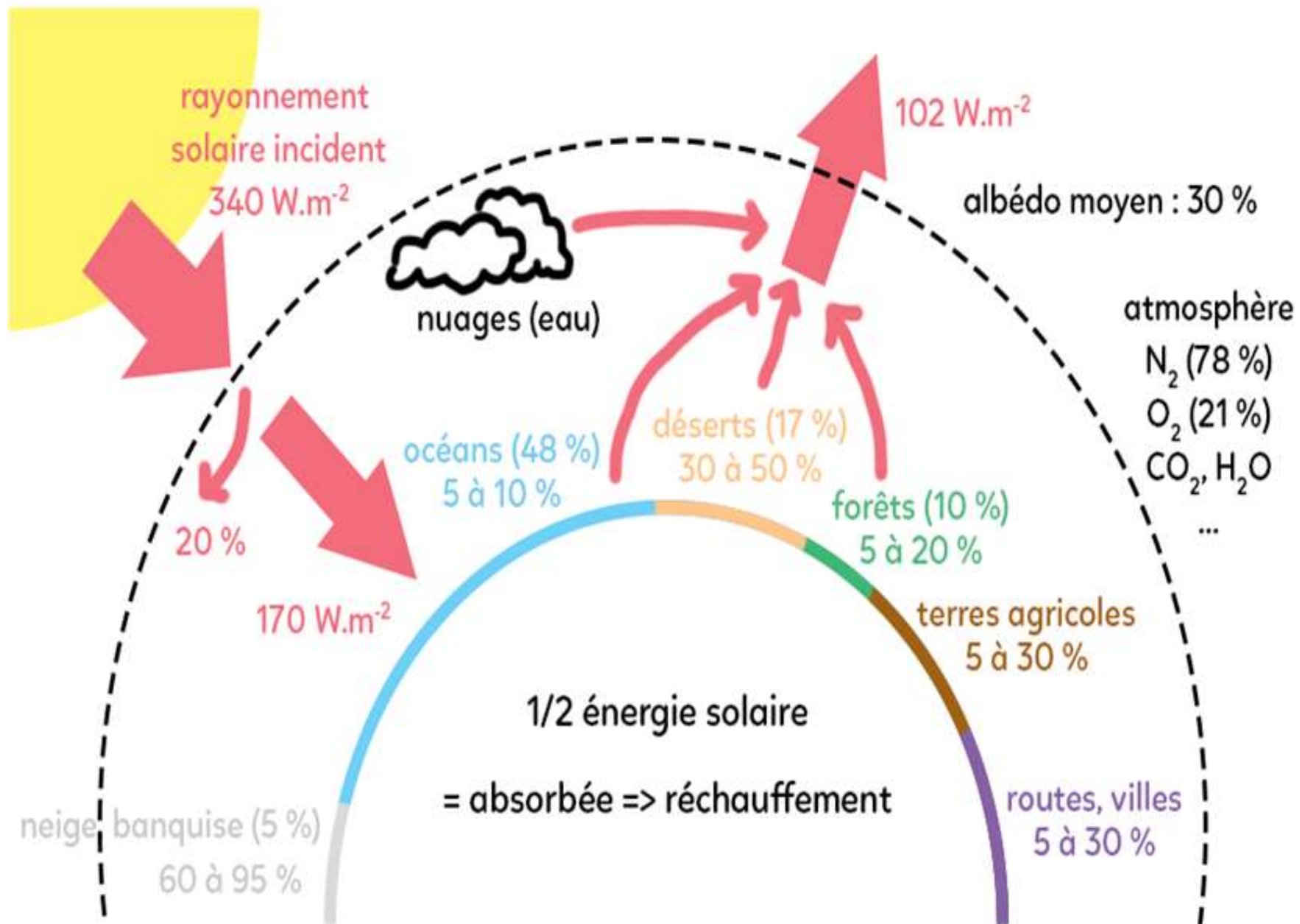


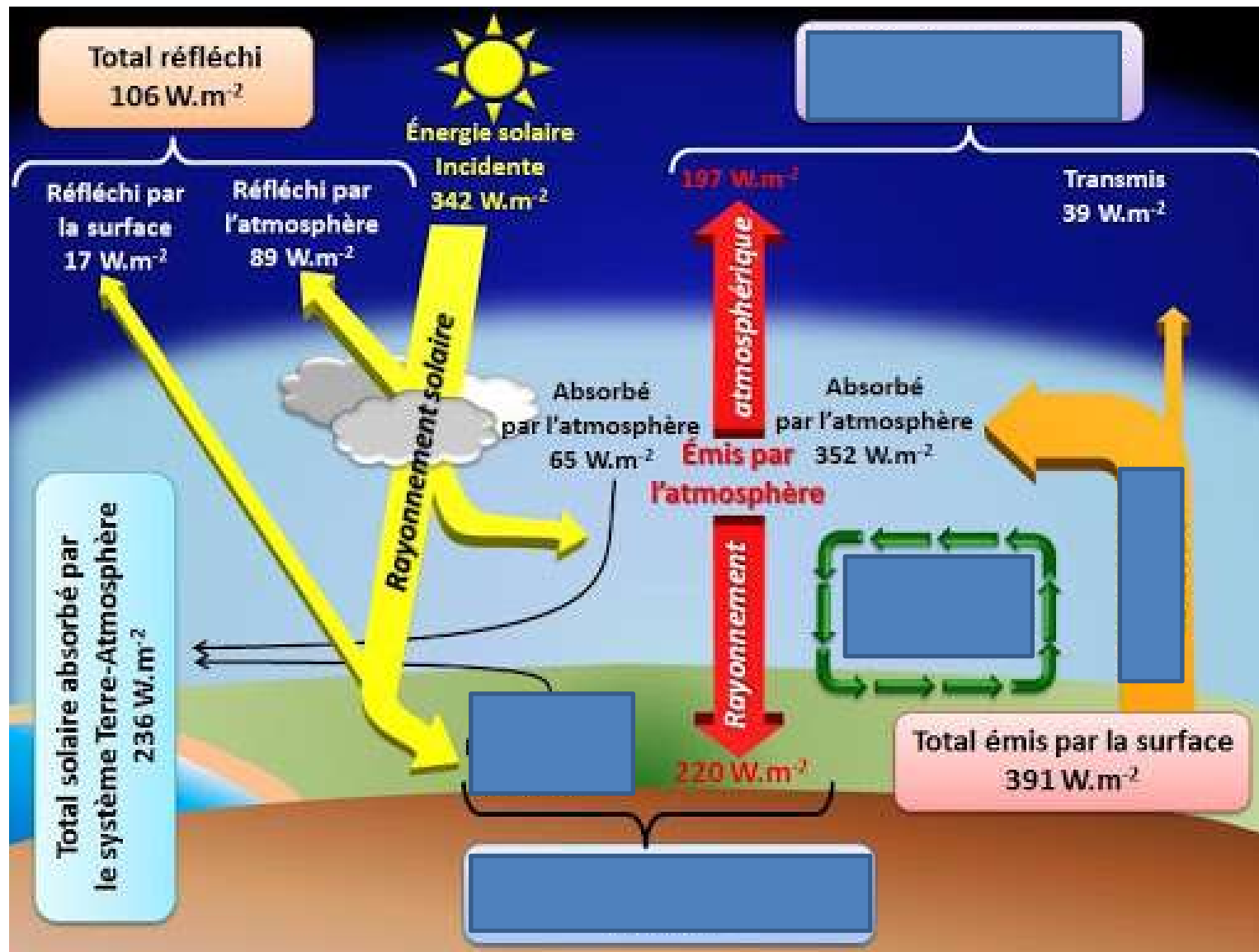
Sol sombre donc albédo faible



Sol clair donc albédo élevé

- 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...)





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

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

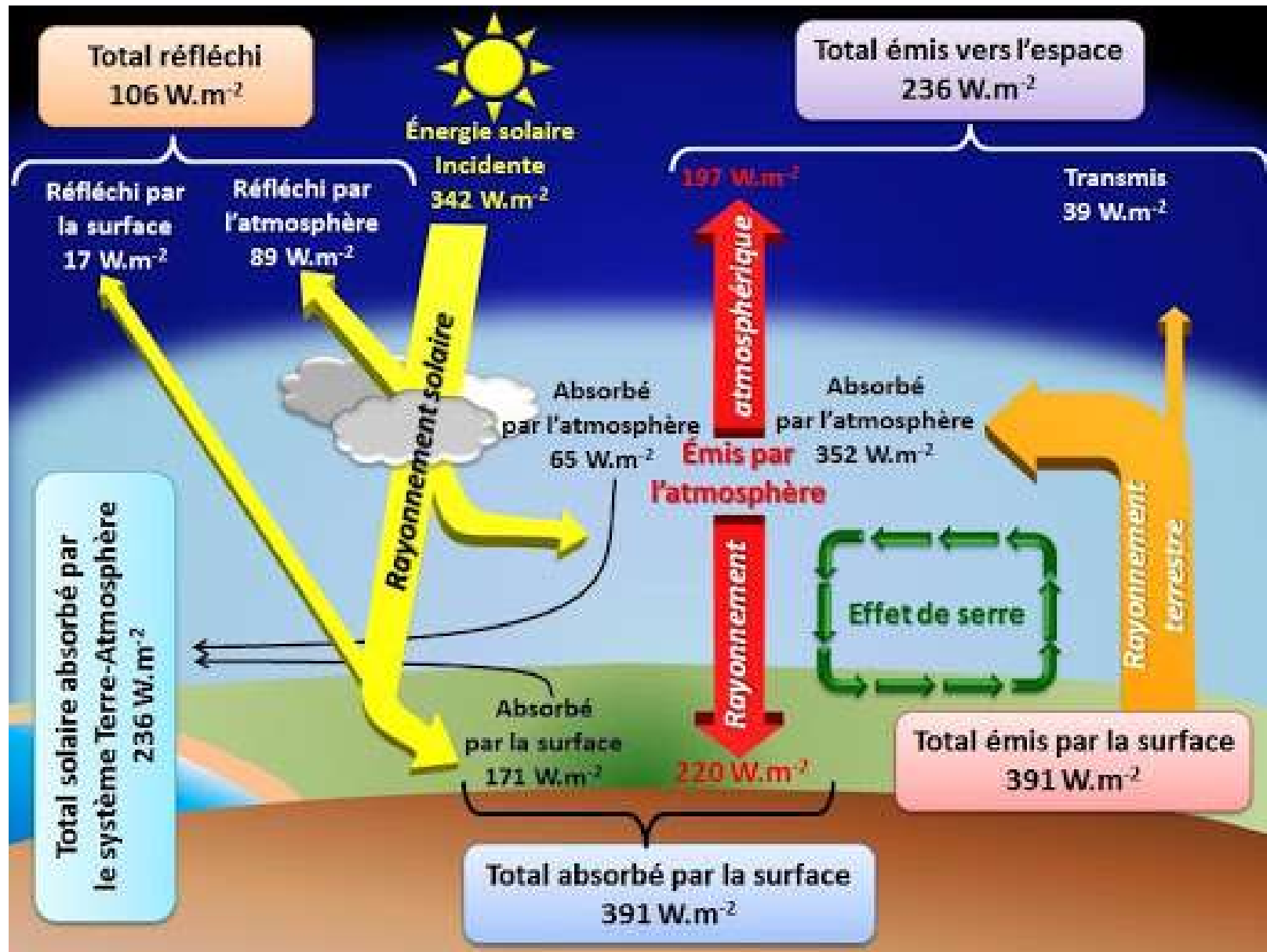
III – Bilan énergétique terrestre : Un équilibre radiatif dynamique

Le rayonnement infrarouge

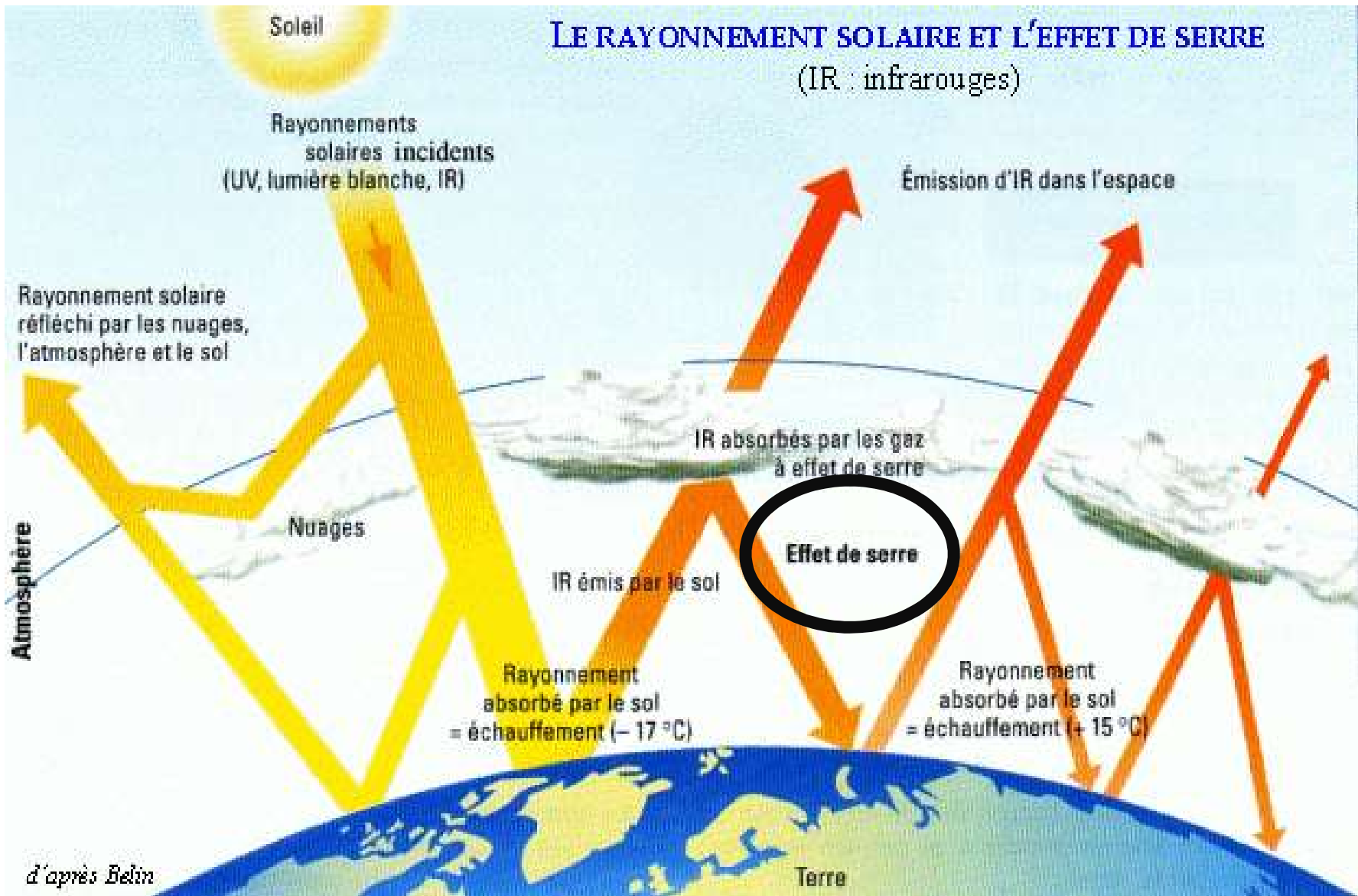
Le sol émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine de l'infrarouge dont la puissance par unité de surface augmente avec la température.

L'effet de Serre

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.



LE RAYONNEMENT SOLAIRE ET L'EFFET DE SERRE (IR : infrarouges)



Remarque :

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.

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

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

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).

► 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.

Calcul simplifié du bilan radiatif terrestre

$$\text{Bilan radiatif} = 342 - 102 - 240 \rightarrow \text{Température constante}$$

puissance
solaire reçue

puissance
renvoyée par
réflexion (albédo)

puissance
réémise par
rayonnement IR

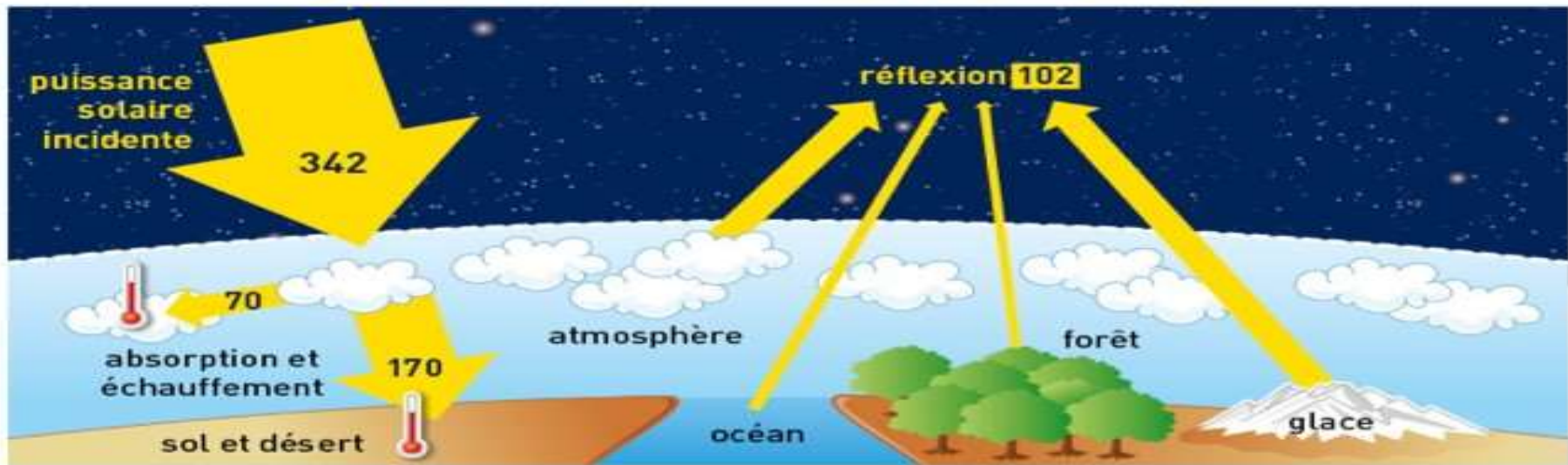
► Un équilibre « dynamique »

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.

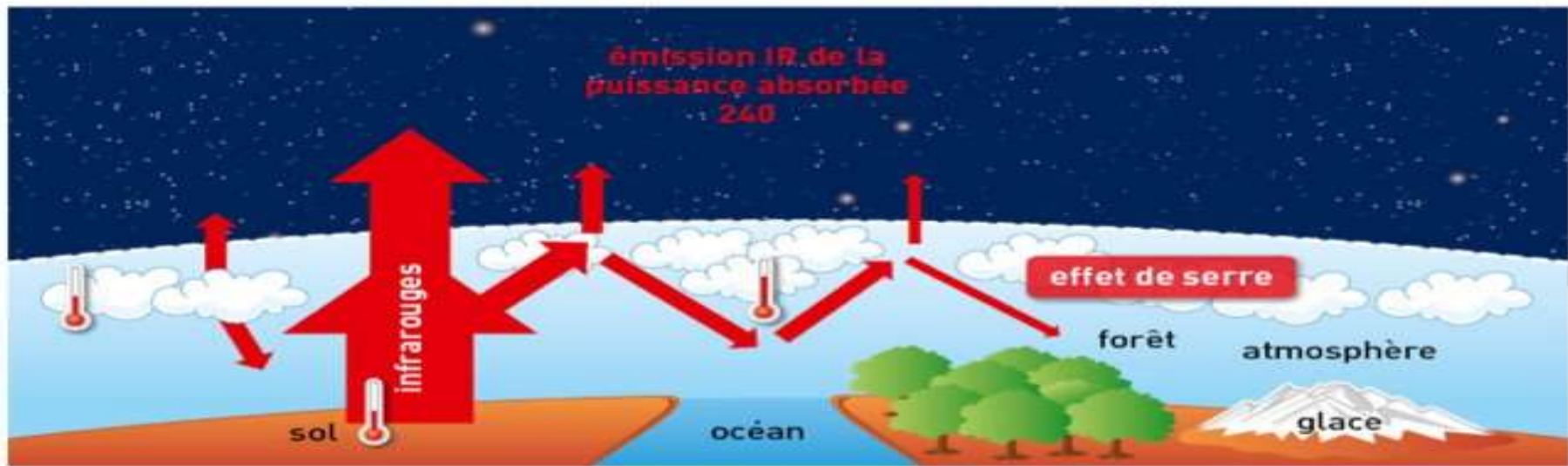
Exemples : L'albédo moyen peut changer selon la proportion des différents types de surfaces terrestres, l'importance de la nébulosité, et la quantité d'aérosols. L'effet de serre peut s'accroître suite à une augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère.

Environ 70 % de la puissance reçue est absorbée.



valeurs moyennes en $W \cdot m^{-2}$

La puissance absorbée alimente l'effet de serre.



Correction exo 1

1. La proportion de la puissance totale qui atteint un objet céleste est déterminé par le rayon de l'objet et par la distance qui le sépare du Soleil.

Dans notre cas :

$$P_{\text{mars}} = P_{\text{rayonnée}} \times \pi R_M^2 / 4 \pi d_{M-S}^2 = P_{\text{rayonnée}} \times R_M^2 / 4 d_{M-S}^2$$

2. application numérique :

$$P_{\text{mars}} = 3.84 \times 10^{26} \times (3.4 \times 10^6)^2 / 4 \times (228 \times 10^9)^2$$

$$P_{\text{mars}} = 2.13 \times 10^{16} \text{W}$$

Pour mémoire la puissance sur Terre est de : $1.74 \times 10^{17} \text{W}$, quantité moindre car Mars est plus éloignée du soleil que la Terre.

Correction exo 2

1. on ne peut appliquer la même formule que si les conditions sont réunies : une étoile, de la puissance rayonnée et de l'effet de serre (ce qui signifie une atmosphère)

$$2. T_{\text{eqkamino}} = 280 \times (1 - 0.07)^{1/4} - 240$$
$$T_{\text{eqkamino}} = 35^{\circ}\text{C}$$

Avec les mêmes calculs pour les autres planètes :

$$T_{\text{eqEndor}} = 28^{\circ}\text{C}$$
$$T_{\text{eqTatooine}} = 1.1^{\circ}\text{C}$$
$$T_{\text{eqHoth}} = -44^{\circ}\text{C}$$

3. La planète qui pose problème est **Tatooine** car il est indiqué qu'elle est recouverte de déserts chauds et arides et l'on trouve une T_{eq} de 1.1°C .

Correction exo 3

Le graphique nous montre que plus l'eau des océans est chaude et moins le CO_2 est soluble dans l'eau.

De fait, si la température globale des océans se réchauffe, il y aura moins de CO_2 capté et donc plus de CO_2 dans l'atmosphère.

Or ce CO_2 est un gaz à effet de serre, donc un gaz qui piège une partie des radiations infrarouges renvoyées par la surface de la Terre, ce qui a pour conséquence une augmentation de l'effet de serre ainsi qu'une augmentation de la Température moyenne à la surface de la Terre.

Si la température moyenne augmente, celle des océans aussi...moins de CO_2 capté.....et ainsi de suite

Pour mémoire le CO_2 présent dans l'atmosphère provient en grande partie des activités humaines.....