

Le bilan radiatif terrestre

I. Puissance solaire atteignant la Terre

On souhaite déterminer la proportion de la puissance émise par le Soleil qui atteint la planète Terre.

La puissance totale du rayonnement émis par le Soleil est $P_{\text{Soleil}} = 3,87 \times 10^{26}$ W.

La Terre se situe à la distance $d_{\text{TS}} = 1,5 \times 10^{11}$ m du Soleil.

Le rayon de la Terre est $R_T = 6,4 \times 10^6$ m.

La surface d'une sphère de rayon R est $S_{\text{sphère}} = 4 \times \pi \times R^2$.

La surface d'un disque de rayon R est $S_{\text{disque}} = \pi \times R^2$.

1. Le rayonnement émis par le Soleil se propage dans toutes les directions de l'espace et donc, au fur et à mesure de sa propagation, se répartit sur une sphère dont le Soleil est au centre (voir document 1).

Calculer la surface S_{tot} sur laquelle la puissance du rayonnement solaire se répartit lorsqu'il rencontre la planète Terre.

2. La planète Terre intercepte la part de rayonnement solaire qui est répartie sur un disque dont le rayon est le même que la Terre (voir document 2 où l'on voit bien, grâce à l'ombre formée sur une feuille blanche imaginaire, que le rayonnement intercepté par la Terre forme un disque de même rayon que la Terre).

Calculer la surface S_{int} avec laquelle la Terre intercepte le rayonnement solaire.

3. À partir des deux questions précédentes, calculer la proportion (c'est-à-dire la fraction) de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre. Puis l'exprimer en pourcentage (en multipliant par 100).

4. Cette proportion étant $\frac{P_{\text{atteignant Terre}}}{P_{\text{Soleil}}}$, en déduire la puissance du rayonnement solaire qui atteint la Terre.

5. En déduire la puissance surfacique (ou puissance par m^2) moyenne (c'est-à-dire répartie sur l'ensemble de la surface du globe terrestre) du rayonnement solaire qui atteint la Terre.

Donnée : la puissance surfacique est

$$P_s = \frac{P}{S} \quad \text{où } P \text{ est la puissance (en W) et } S \text{ la surface (en } \text{m}^2 \text{) sur laquelle se répartit cette puissance.}$$

II. Bilan énergétique terrestre

Pour répondre aux questions, utiliser le document 3 où les valeurs sont des puissances surfaciques moyennes (donc en W par m^2).

1. Combien vaut la puissance surfacique du rayonnement solaire arrivant au sommet de l'atmosphère ?

2. Combien vaut la puissance surfacique du rayonnement solaire réfléchi ? (faire la somme des 2 sources)

3. À partir des deux questions précédentes, calculer la proportion (c'est-à-dire la fraction) de rayonnement solaire réfléchi puis l'exprimer en pourcentage.

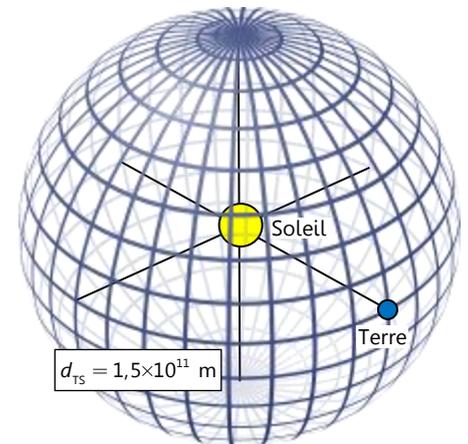
Remarque : cette proportion de puissance réfléchie (ou diffusée) par l'atmosphère et la surface terrestre (par rapport à la puissance solaire incidente) est appelé *albédo* (c'est la proportion de puissance non absorbée).

4. D'où provient la puissance surfacique reçue (absorbée) par la surface terrestre et combien vaut-elle ? (il y a 2 sources)

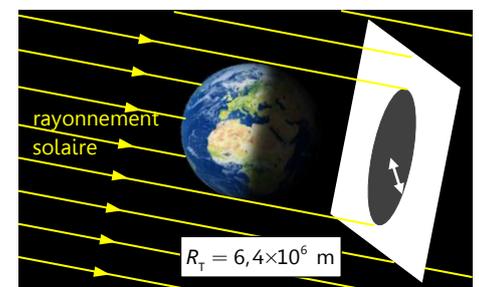
5. Combien vaut la puissance surfacique émise par la surface terrestre ?

6. Comparer les deux résultats précédents et interpréter en parlant de la température moyenne de la surface terrestre.

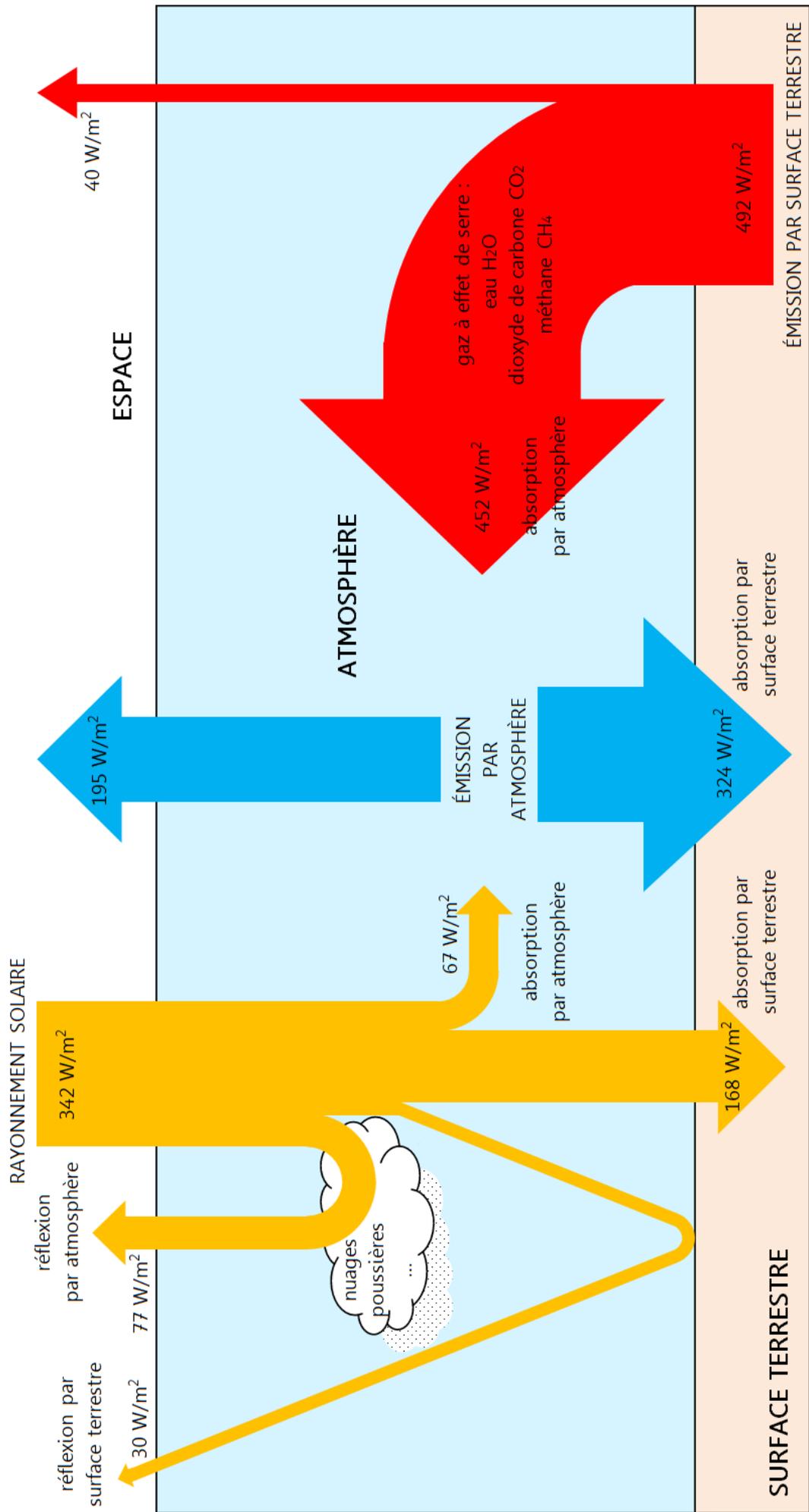
Document 1 :



Document 2 :



Conbt l dms 2 9AKK m- mldqf - slpft d sldqppirsqpl



7. D'où provient la puissance surfacique absorbée par l'atmosphère et combien vaut-elle ? (il y a 2 sources)
8. Qu'est-ce qui, dans l'atmosphère, est à l'origine de l'absorption du rayonnement émis par la surface terrestre ?
9. Calculer la puissance surfacique du rayonnement émis par l'atmosphère.
10. Comparer les résultats des questions 7 et 9 et interpréter.
11. Calculer la puissance surfacique du rayonnement émis vers l'espace.
12. Comparer les résultats des questions 1 et 11 et interpréter en parlant entre autres de la Terre (ou du système atmosphère + surface terrestre).
13. En utilisant le document 3, indiquer ce qui a tendance à se passer s'il y a plus de gaz à effet de serre.
Donnée : Plus la température est élevée et plus la puissance émise est importante.

III. L'albédo

L'albédo est le rapport de la puissance réfléchie (ou diffusée) par l'atmosphère et la surface terrestre sur la

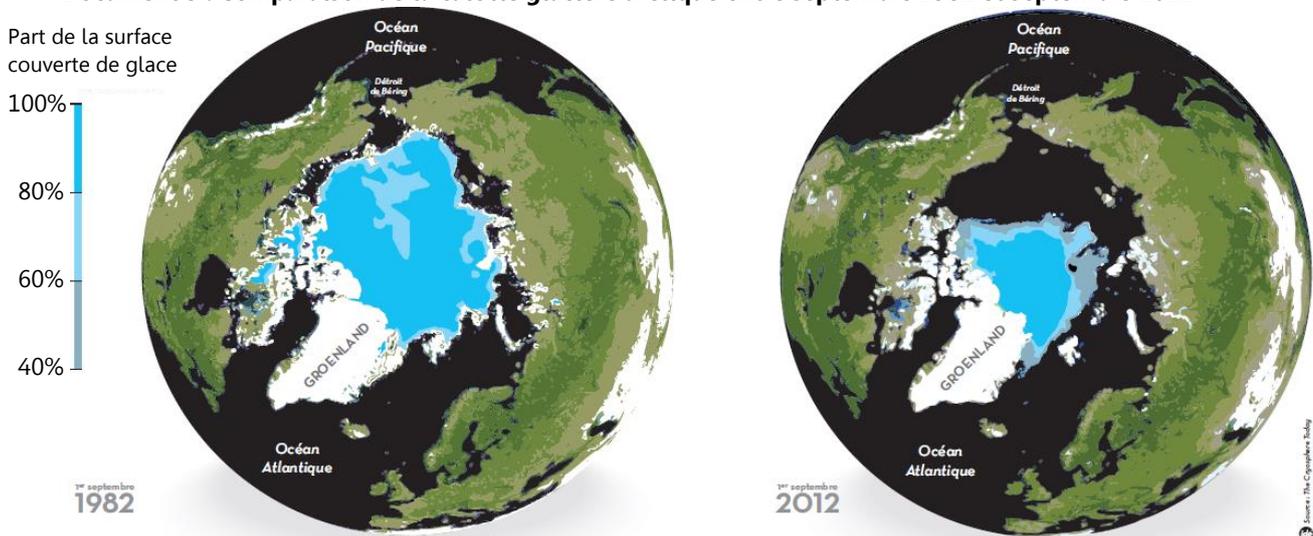
puissance solaire incidente :
$$\text{albédo} = \frac{P_{\text{réfléchiée}}}{P_{\text{solaire reçue}}}$$

L'albédo terrestre est voisin de 30 %. Donc 70 % de la puissance solaire incidente est absorbée par la Terre (l'atmosphère et la surface terrestre), le reste repart directement vers l'espace.

Document 4 :

| Type de surface terrestre | Albédo moyen dû à la surface |
|---------------------------|------------------------------|
| neige fraîche | 0,90 (soit 90 %) |
| glace | 0,60 (soit 60 %) |
| sable léger et sec | 0,35 (soit 35 %) |
| végétation dense | 0,15 (soit 15 %) |
| mer | 0,10 (soit 10 %) |

Document 5 : Comparaison de la calotte glacière arctique entre septembre 1982 et septembre 2012



1. En s'aidant des documents 4 et 5, indiquer quel est l'effet sur l'albédo de la fonte de la calotte glacière arctique.
2. Dans quel sens évolue donc le rayonnement solaire absorbé par la Terre ?
3. Dans quel sens ceci tend-il donc à faire évoluer la température globale de la Terre ?

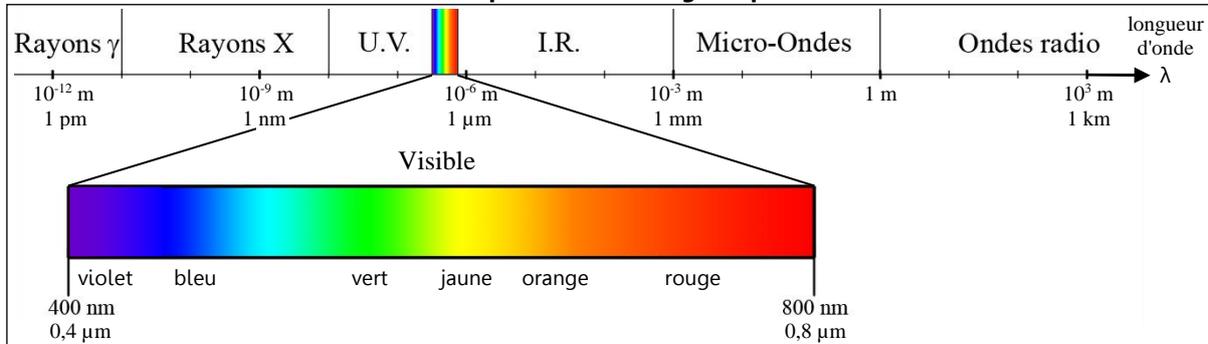
En moyenne, la puissance surfacique du rayonnement solaire arrivant jusqu'à la surface terrestre est de 198 W/m^2 .

4. Calculer la puissance surfacique réfléchiée par cette surface terrestre lorsqu'elle est recouverte de glace. Puis, par soustraction, calculer la puissance surfacique absorbée par cette surface terrestre.

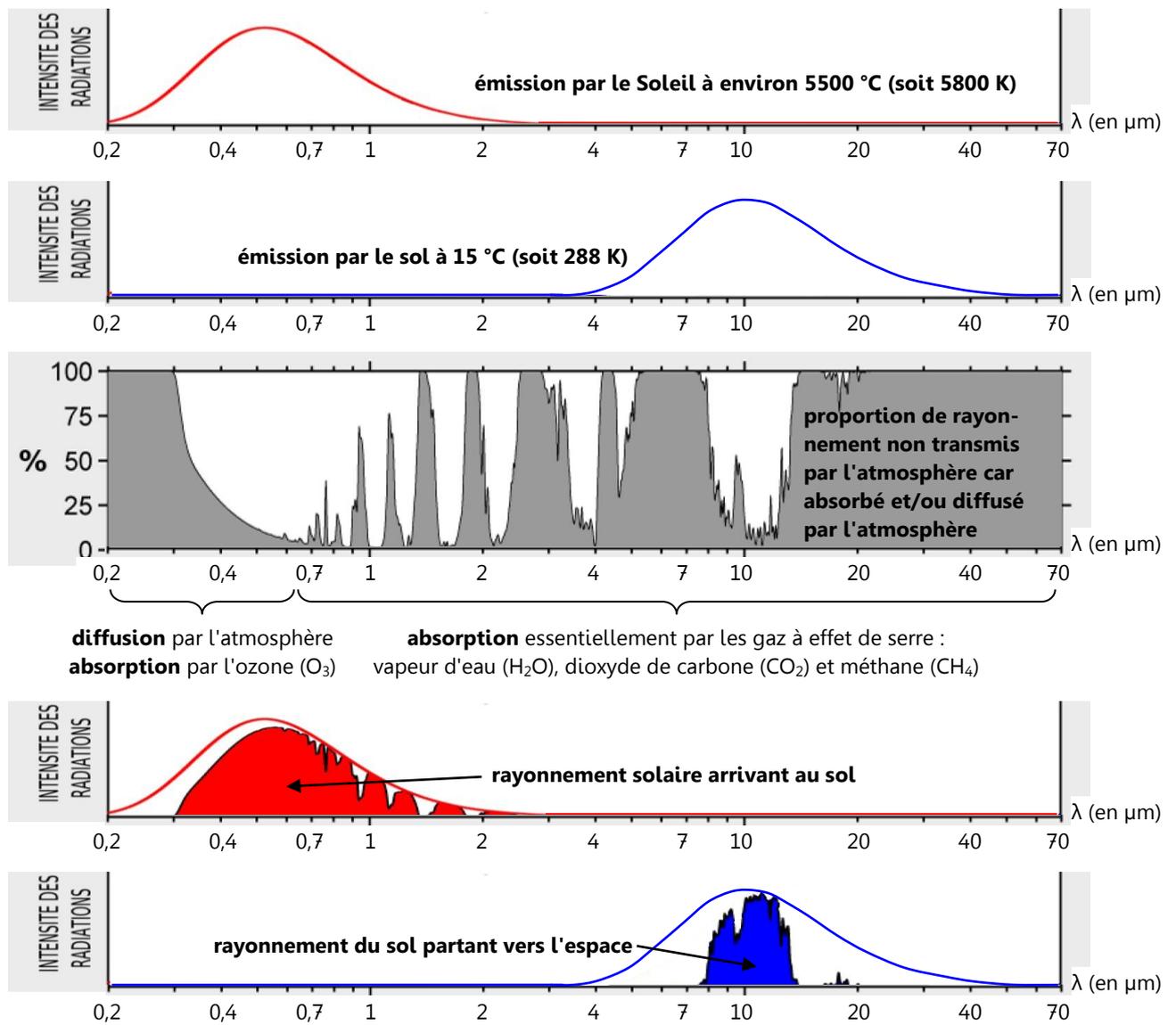
5. Calculer la puissance surfacique réfléchiée par cette surface terrestre lorsqu'elle est recouverte d'eau liquide. Puis calculer la puissance surfacique absorbée par cette surface terrestre.
6. Vérifier que les puissances surfaciques absorbées sont conformes au résultat de la question 2.

IV. Le rayonnement de la surface terrestre et l'absorption par l'atmosphère

Document 6 : Les différents domaines du spectre électromagnétique



Document 7 : Les différents rayonnements et leur absorption par l'atmosphère



- 1.** En observant le début du document 7 et en s'aidant du document 6, indiquer dans quel domaine du spectre électromagnétique le Soleil émet principalement.
- 2.** Même question pour la surface terrestre.
- 3.** Comment expliquer une telle différence ?

- 4.** En observant le milieu du document 7 et en s'aidant du document 6, indiquer dans quel domaine du spectre électromagnétique l'ozone (O₃) absorbe principalement.
- 5.** Même question pour les gaz à effet de serre que sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄)

- 6.** À partir des résultats précédents, justifier l'allure du spectre du rayonnement solaire arrivant à la surface terrestre (avant-dernier spectre du document 7).

- 7.** Expliquer pourquoi le rayonnement de la surface terrestre partant vers l'espace n'a lieu que dans le domaine des infrarouges, pour des longueurs d'onde voisines de 10 μm uniquement (dernier spectre du document 7).

- 8.** En utilisant la loi de Wien, montrer qu'une température moyenne de la Terre de 15 °C (soit 288 K) est bien compatible avec le 2^e graphique du document 7.
Donnée : La loi de Wien indique que $T \times \lambda_{\max} = 2,89 \times 10^{-3}$ (avec T en K et λ_{\max} en m).