Corrigé et barème – Le bilan radiatif terrestre

Puissance solaire reçue, albédo, rayonnement infrarouge de la Terre, effet de serre, bilan radiatif et température moyenne (programme d'enseignement scientifique de 1re)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · Enseignement scientifique 1re

Exercice 1 – Questions de cours *(4 pts)*

a) La longueur d'onde du maximum d'émission est inversement proportionnelle à la température (loi de Wien) : à T ≈ 288 K, λmax ≈ 10 µm, dans l'infrarouge ; le Soleil, à environ 5 800 K, émet surtout dans le visible. (1)

b) Le rayonnement solaire absorbé (≈ 160 W·m⁻²) et l'infrarouge émis par l'atmosphère vers le sol (≈ 342 W·m⁻²) : même ordre de grandeur, l'atmosphère fournissant un peu plus du double. (1)

c) A = P renvoyée / P reçue : quotient de deux puissances exprimées dans la même unité (W / W), donc sans unité, compris entre 0 et 1. (1)

d) Le sol reçoit en moyenne autant de puissance qu'il en cède : les échanges (absorption, émission infrarouge, convection, évaporation) continuent mais se compensent, donc la température moyenne reste constante. (1)

Erreur fréquente — Confondre équilibre dynamique et absence d'échanges : à l'équilibre, le sol continue de rayonner en permanence.

Exercice 2 – Une exoplanète fictive *(4 pts)*

a) $\pi R^2 = \pi \times (5{,}4 \times 10^6)^2 \approx 9{,}16 \times 10^{13}$ m² ; $P = S \times \pi R^2 = 1\,820 \times 9{,}16 \times 10^{13} \approx 1{,}67 \times 10^{17}$ W. (1)

b) La puissance interceptée se répartit sur $4\pi R^2 \approx 3{,}66 \times 10^{14}$ m² : $\frac{S \times \pi R^2}{4\pi R^2} = \frac{S}{4} = \frac{1\,820}{4} = 455$ W·m⁻². (1)

c) $P_{\text{abs}} = (1 - 0{,}35) \times 455 = 0{,}65 \times 455 \approx 296$ W·m⁻² (295,75). (1)

d) $\sigma T^4 = 295{,}75$ donc $T = \left(\frac{295{,}75}{5{,}67 \times 10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 269$ K, soit environ -4 °C. (1)

À retenir — On multiplie par 1 − A, jamais par A, et la température se calcule toujours en kelvins.

Exercice 3 – Albédo d'un paysage *(4 pts)*

a) Moyenne pondérée : $A = 0{,}60 \times 0{,}14 + 0{,}28 \times 0{,}21 + 0{,}12 \times 0{,}12 = 0{,}084 + 0{,}0588 + 0{,}0144 \approx 0{,}157$. (1)

b) Par m² : $(1 - 0{,}157) \times 230 \approx 193{,}8$ W·m⁻² ; aire 40 km² $= 4{,}0 \times 10^7$ m² ; $P \approx 193{,}8 \times 4{,}0 \times 10^7 \approx 7{,}75 \times 10^9$ W. (1)

c) $A' = 0{,}88 \times 0{,}21 + 0{,}0144 \approx 0{,}199$; absorbé $(1 - 0{,}199) \times 230 \approx 184{,}2$ W·m⁻², soit une baisse d'environ 9,7 W·m⁻². (1)

d) L'effet d'albédo seul tend à refroidir localement, mais la déforestation libère du CO_2 (combustion, décomposition du bois) et réduit l'absorption de CO_2 : elle renforce l'effet de serre. Le bilan global, surtout en zone tropicale, est un réchauffement. (1)

Repère — Un facteur climatique ne s'évalue jamais sur un seul terme du bilan : albédo et effet de serre peuvent agir en sens contraires.

Exercice 4 – Bilan du sol en milieu désertique *(4 pts)*

a) Reçu : $214 + 301 = 515$ W·m⁻² ; cédé : $437 + 52 + 18 = 507$ W·m⁻². (1)

b) Non : le sol reçoit 8 W·m⁻² de plus qu'il ne cède ; il stocke de l'énergie, sa température augmente (réchauffement printanier). (1)

c) $T = \left(\frac{437}{5{,}67 \times 10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 296$ K, soit environ 23 °C. (1)

d) Les nuages absorbent l'infrarouge émis par le sol et en réémettent une partie vers lui : la nuit, le sol reçoit plus d'infrarouge de l'atmosphère, sa perte nette diminue et il se refroidit moins. Par ciel clair et air sec, comme au désert, l'infrarouge s'échappe davantage vers l'espace. (1)

Le point clé — Un sol dont les entrées dépassent les sorties se réchauffe : l'équilibre dynamique n'est qu'une moyenne sur une longue durée.

Exercice 5 – Un modèle d'effet de serre à une couche *(4 pts)*

a) $\sigma T^4 = 205$ donc $T = \left(\frac{205}{5{,}67 \times 10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 245$ K, soit environ -28 °C. (1)

b) Vers l'espace, seule l'atmosphère émet : $P_a = 205$ W·m⁻². L'atmosphère reçoit P_s et émet $2P_a$: $P_s = 2 \times 205 = 410$ W·m⁻². (1)

c) $T_s = \left(\frac{410}{5{,}67 \times 10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 292$ K, soit environ 19 °C. (1)

d) Aucune énergie n'est créée : l'infrarouge circule en boucle entre sol et atmosphère, si bien que les flux internes peuvent dépasser les entrées. La planète renvoie vers l'espace 205 W·m⁻², exactement ce qu'elle absorbe : l'énergie est conservée. (1)

Attention — Les flux internes au système Terre peuvent dépasser la puissance absorbée ; seul le bilan vers l'espace doit être équilibré.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).