

Un bilan radiatif déséquilibré

SAVOIR-FAIRE
Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques.

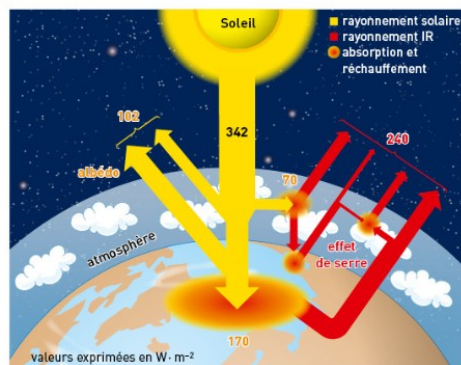
On appelle bilan radiatif la différence entre l'énergie reçue par la Terre et celle réémise vers l'espace. De 1880 à 2018, on a mesuré un réchauffement climatique global d'environ +1 °C, ce qui traduit un déséquilibre du bilan radiatif.

Quelles sont les causes de ce déséquilibre radiatif ?

DOC

1

Un bilan radiatif théoriquement équilibré



Le bilan radiatif terrestre résulte d'échanges complexes entre l'espace, l'atmosphère et la surface de la Terre.

La Terre reçoit une puissance solaire moyenne de $342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Sa surface et les nuages réfléchissent environ 30 % de la lumière reçue, c'est le phénomène d'albédo*.

Les 70 % restant sont absorbés par l'atmosphère et la surface de la Terre, ce qui provoque l'élévation de leur température. Cette chaleur est évacuée sous la forme d'un rayonnement infrarouge* (IR) dirigé vers le sol et vers l'atmosphère. Une partie de ce rayonnement est piégée par certains gaz nommés gaz à effet de serre* (GES). Ce phénomène participe à l'élévation de la température de l'atmosphère terrestre.

Au final, l'intégralité de l'énergie absorbée par la Terre sera réémise vers l'espace sous la forme d'un rayonnement IR d'où un bilan radiatif équilibré et une température théoriquement stable.

DOC

2

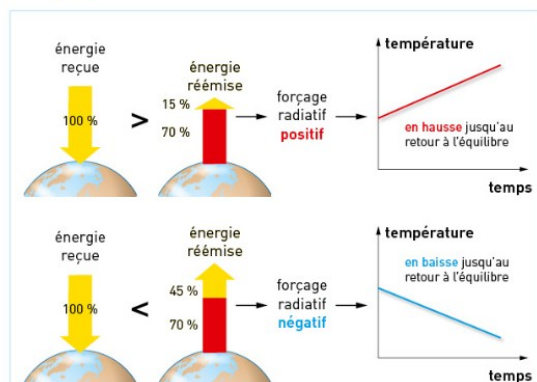
Un bilan radiatif en équilibre dynamique

La reconstitution des températures passées (voir p. 45) montre de nombreuses oscillations qui traduisent des variations de l'équilibre du bilan radiatif. On parle alors d'équilibre dynamique.

Une diminution de la température résulte d'un bilan radiatif négatif, c'est-à-dire d'une quantité d'énergie reçue inférieure à celle réémise.

Inversement, si la quantité d'énergie réémise est inférieure à l'énergie reçue, le bilan radiatif est positif, ce qui se traduit par une hausse de la température de l'atmosphère terrestre.

Ces variations du bilan radiatif sont appelées **forçages radiatifs**.



Deux situations de bilan radiatif déséquilibré causées par des variations de l'albédo.

Histoire
Enjeu
Débat

SCHEMA ANIME

Le bilan radiatif terrestre



DOC

3

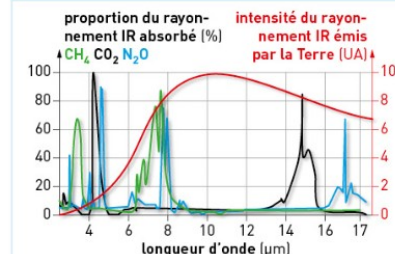
Des pouvoirs de réchauffement différents

Chaque gaz possède un pouvoir de réchauffement global (PRG) qui dépend :

- de sa capacité à absorber le rayonnement IR émis par la Terre (graphique ci-contre) ;
- de son temps de résidence* dans l'atmosphère (tableau ci-dessous).

On peut ainsi montrer que, sur une durée de 100 ans, 1 kg de protoxyde d'azote (N_2O) provoque un réchauffement équivalent à 265 kg de CO_2 !

Gaz	CO_2	CH_4	N_2O
Temps de résidence	100 ans	10 ans	120 ans
PRG (à 100 ans)	1	28	265



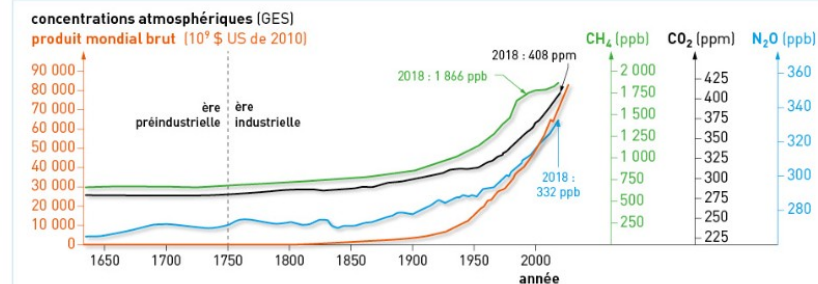
Spectres d'absorption de quelques gaz de l'atmosphère superposés à l'intensité du rayonnement IR émis par la Terre. Rappel : plus une longueur d'onde est courte, plus l'onde véhicule une grande quantité d'énergie.

DOC

4

Activité économique et composition atmosphérique

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des teneurs en GES ainsi que l'évolution de la richesse mondiale exprimée par le produit mondial brut (PMB) qui est la somme des produits intérieurs bruts (PIB) de chaque nation. Le PMB est un indicateur de l'activité économique mondiale.



Évolution de la concentration en GES comparée à celle du PMB. 1 ppm = 1 000 ppb.

Pistes de travail

Pour comprendre l'origine du déséquilibre radiatif actuel :

- 1 Indiquer deux autres possibilités de modification du bilan radiatif en précisant les conséquences sur la stabilité de la température moyenne globale (doc. 1 et 2).
- 2 Expliquer pourquoi le PRG du protoxyde d'azote est beaucoup plus élevé que celui du dioxyde de carbone (doc. 3).
- 3 Expliquer alors pourquoi le dioxyde de carbone reste à plus de 20 % un contributeur majeur de l'effet de serre (doc. 4).
- 4 Présenter à l'aide d'un schéma fonctionnel l'origine du déséquilibre radiatif actuel (doc. 4).

* Lexique en fin de manuel

Des clés pour réussir

- Réfléchir au lien entre croissance économique et gaz à effet de serre.
- Un schéma fonctionnel peut prendre la forme de liens de cause à conséquence entre différents éléments.

SAVOIR-FAIRE

Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques.

On appelle bilan radiatif la différence entre l'énergie reçue par la Terre et celle réémise vers l'espace. De 1880 à 2018, on a mesuré un réchauffement climatique global d'environ $+1^{\circ}\text{C}$, ce qui traduit un déséquilibre du bilan radiatif.

Quelles sont les causes de ce déséquilibre radiatif ?

DOC

1

Un bilan radiatif théoriquement équilibré

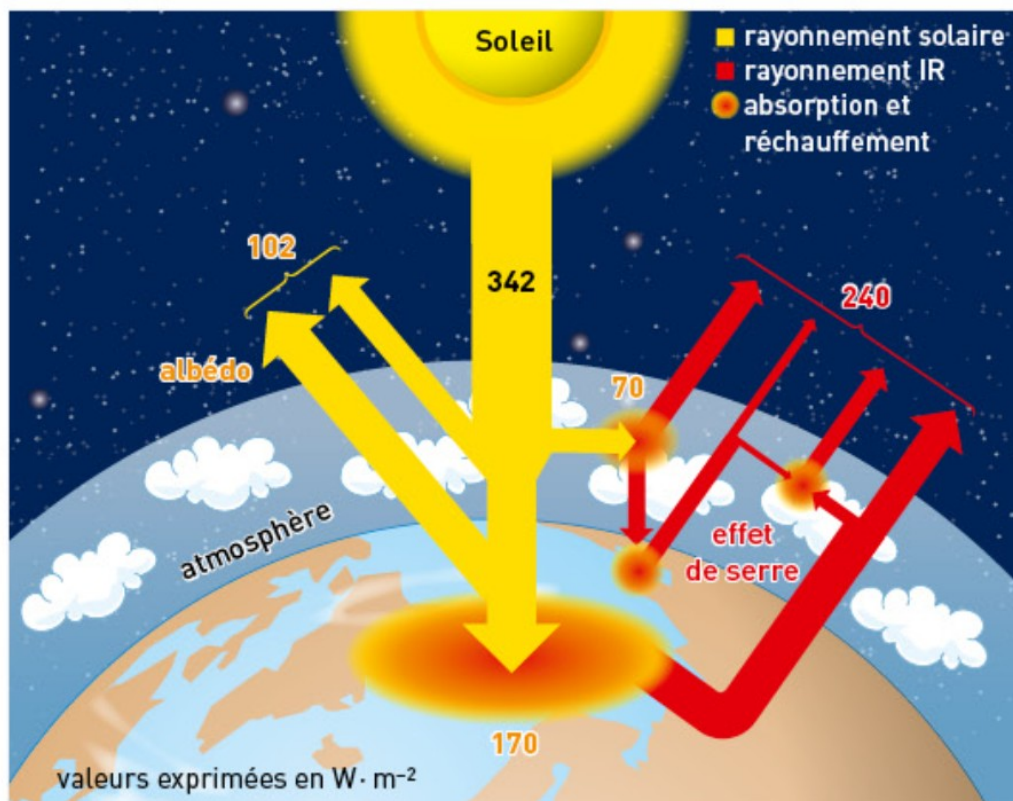


SCHÉMA ANIMÉ

Le bilan radiatif terrestre



La Terre reçoit une puissance solaire moyenne de $342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Sa surface et les nuages réfléchissent environ 30 % de la lumière reçue, c'est le phénomène d'albédo*.

Les 70 % restant sont absorbés par l'atmosphère et la surface de la Terre, ce qui provoque l'élévation de leur température. Cette chaleur est évacuée sous la forme d'un rayonnement infrarouge* (IR) dirigé vers le sol et vers l'atmosphère. Une partie de ce rayonnement est piégée par certains gaz nommés gaz à effet de serre* (GES). Ce phénomène participe à l'élévation de la température de l'atmosphère terrestre.

Au final, l'intégralité de l'énergie absorbée par la Terre sera réémise vers l'espace sous la forme d'un rayonnement IR d'où un bilan radiatif équilibré et une température théoriquement stable.

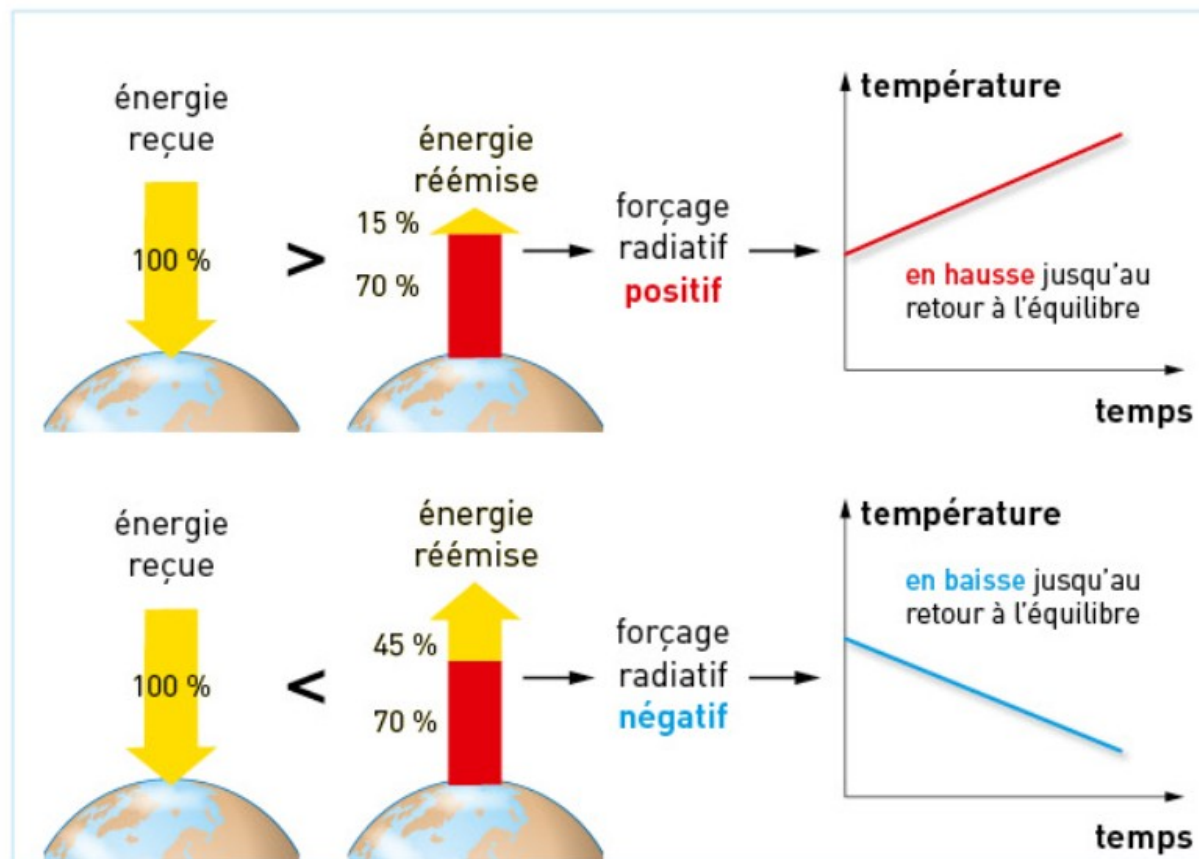
Un bilan radiatif en équilibre dynamique

La reconstitution des températures passées (voir p. 45) montre de nombreuses oscillations qui traduisent des variations de l'équilibre du bilan radiatif. On parle alors d'équilibre dynamique.

Une diminution de la température résulte d'un bilan radiatif négatif, c'est-à-dire d'une quantité d'énergie reçue inférieure à celle réémise.

Inversement, si la quantité d'énergie réémise est inférieure à l'énergie reçue, le bilan radiatif est positif, ce qui se traduit par une hausse de la température de l'atmosphère terrestre.

Ces variations du bilan radiatif sont appelées **forçages radiatifs**.



Deux situations de bilan radiatif déséquilibré causées par des variations de l'albédo.

1 Indiquer deux autres possibilités de modification du bilan radiatif en précisant les conséquences sur la stabilité de la température moyenne globale (DOC. 1 ET 2).

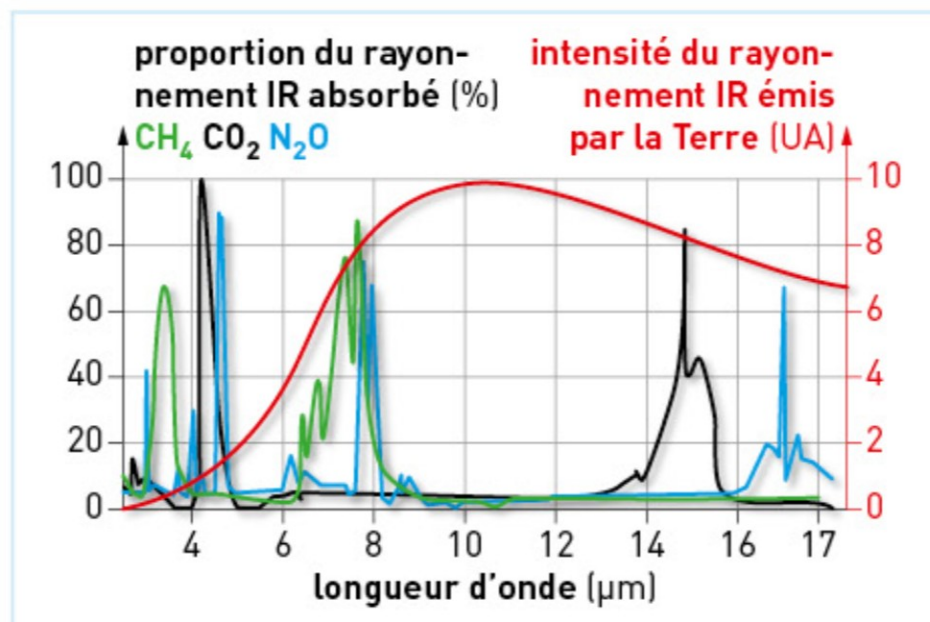
3 Des pouvoirs de réchauffement différents

Chaque gaz possède un pouvoir de réchauffement global (PRG) qui dépend :

- de sa capacité à absorber le rayonnement IR émis par la Terre (graphique ci-contre) ;
- de son temps de résidence* dans l'atmosphère (tableau ci-dessous).

On peut ainsi montrer que, sur une durée de 100 ans, 1 kg de protoxyde d'azote (N_2O) provoque un réchauffement équivalent à 265 kg de CO_2 !

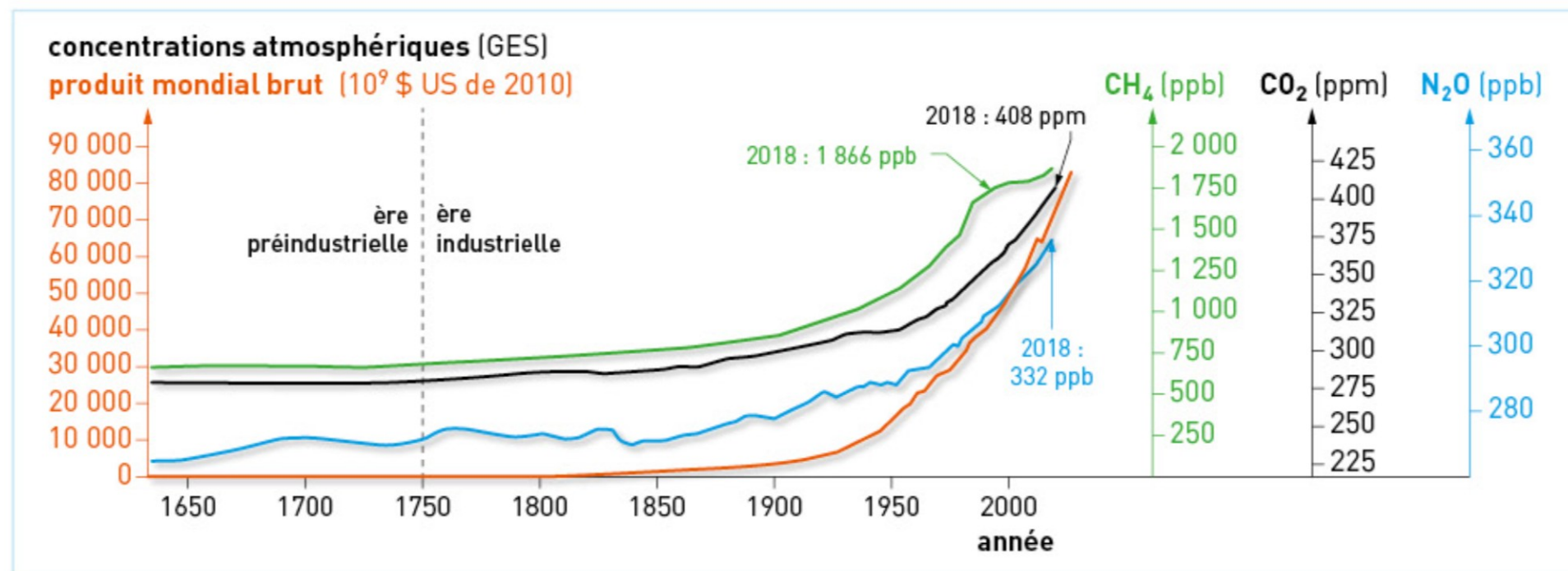
Gaz	CO_2	CH_4	N_2O
Temps de résidence	100 ans	10 ans	120 ans
PRG (à 100 ans)	1	28	265



■ Spectres d'absorption de quelques gaz de l'atmosphère superposés à l'intensité du rayonnement IR émis par la Terre. Rappel : plus une longueur d'onde est courte, plus l'onde véhicule une grande quantité d'énergie.

2 Expliquer pourquoi le PRG du protoxyde d'azote est beaucoup plus élevé que celui du dioxyde de carbone (DOC. 3).

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des teneurs en GES ainsi que l'évolution de la richesse mondiale exprimée par le produit mondial brut (PMB) qui est la somme des produits intérieurs bruts (PIB) de chaque nation. Le PMB est un indicateur de l'activité économique mondiale.



■ Évolution de la concentration en GES comparée à celle du PMB. 1 ppm = 1 000 ppb.

- 3 Expliquer alors pourquoi le dioxyde de carbone reste à plus de 20 % un contributeur majeur de l'effet de serre (DOC. 4).
- 4 Présenter à l'aide d'un schéma fonctionnel l'origine du déséquilibre radiatif actuel (DOC. 4).