

Thème 1: Enjeux planétaires contemporains: Atmosphère, hydrosphère, climats: du passé à l'avenir.

Activité 4: Les relations CO₂ / Climat - Correction

Il existe une corrélation positive entre la température et la teneur en CO₂ (et CH₄). Les augmentations de températures sont corrélées à des augmentations de la teneur atmosphérique en CO₂ (et CH₄).

Comment expliquer la corrélation entre les variations de la teneur en CO₂ atmosphérique et les variations de la température d'équilibre de la planète ?

Deux relations hypothétiques peuvent être déduites de cette corrélation: (1) Les variations de températures induiraient les variations de la teneur en CO₂. (2) Les variations de la teneur en CO₂ induiraient les variations de la température.

I: Hypothèse 1: Les variations de températures induiraient les variations de la teneur en CO₂

Il existe plusieurs réservoirs de carbone sur terre. Des échanges sont possibles entre ces réservoirs, et notamment entre l'hydrosphère et l'atmosphère. On observe une corrélation entre les flux de carbone hydrosphère / atmosphère et la latitude:

- Latitude faible (Équateur) : dégazage du CO₂ (hydrosphère -> atmosphère)
- Latitude élevée (Pôles) : dissolution du CO₂ (atmosphère -> hydrosphère)

Cela suggère que le sens du flux de CO₂ (dégazage / dissolution) serait lié à la température: une augmentation de la température induirait un dégazage du CO₂. Ainsi, si l'hypothèse est juste, une augmentation de la température devrait induire une augmentation de la concentration en CO₂ gazeux, et une diminution de la concentration en CO₂ dissous.

Dans le modèle analogique du document 6, on mesure les concentrations en CO₂ dissous (paramètres mesurés) en fonction de la température (variable) dans une enceinte hermétique à moitié remplie d'eau.

Résultat: De t₀ à t₄ lorsque la température reste constante, la concentration en CO₂ dissous reste constante. De t_{4,5} à t₁₅, plus la température augmente plus la concentration en CO₂ dissous diminue.

Conclusion: L'augmentation de température provoque le dégazage du CO₂. L'hypothèse 1 est vérifiée: les variations de températures induisent des variations de la teneur en CO₂ atmosphérique

II: Hypothèse 2: Les variations de la teneur en CO₂ induiraient les variations de la température.

Dans le modèle analogique présenté dans le document 5:

- Le Canson noir qui repose au fond du cristalliseur correspond à la surface de la planète assimilée à un corps noir.
- Le volume du cristalliseur correspond à l'atmosphère (dont on peut faire varier la teneur en CO₂).
- La lampe correspond au soleil (principale source d'énergie de la terre).

Dans cette expérience, on mesure la température en fonction de la teneur (absence ou présence) en CO₂: le paramètre mesuré est la température, la variable est l'absence ou la présence de CO₂.

Le Canson noir absorbe toute la lumière incidente, sans réflexion. Ainsi, tout le rayonnement incident est absorbé et participe à l'échauffement de la surface. Dans ce modèle analogique, la planète est assimilée à un corps noir.

Résultats:

A l'intérieur du cristalliseur on observe que:

- En l'absence de CO₂, on observe (après allumage de la lampe) une augmentation de la température qui se stabilise à 31°C.
- Lorsqu'on ajoute du CO₂, on observe une nouvelle augmentation de la température qui se stabilise à 31,8°C.
- -> La température d'équilibre est plus forte en présence de CO₂ qu'en l'absence de CO₂

A l'extérieur du cristalliseur on observe que la température ne varie pas.

Conclusion: On en déduit que les variations de la teneur en CO₂ induisent des variations de température: plus la concentration en CO₂ atmosphérique est importante plus la température d'équilibre est élevée. L'hypothèse 2 est vérifiée.

III: Démarche explicative: Le mécanisme de l'effet de serre

Conformément à la loi de Wien, la mesure du spectre du rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère, montre que le soleil à 5800°K émet principalement dans le domaine du visible.

1: En l'absence de CO₂ (absence d'atmosphère):

Le rayonnement solaire incident visible atteint la surface de la terre qui l'absorbe et s'échauffe. la surface ré émet alors un rayonnement dans le domaine de l'IR (d'après la loi de Wien, la terre à 288°k émet avec un pic d'émissivité à 10 micro-mètre).

Ainsi à l'équilibre thermique, si la surface reçoit 100 w de flux incident visible elle ré émet 100 w d'IR.

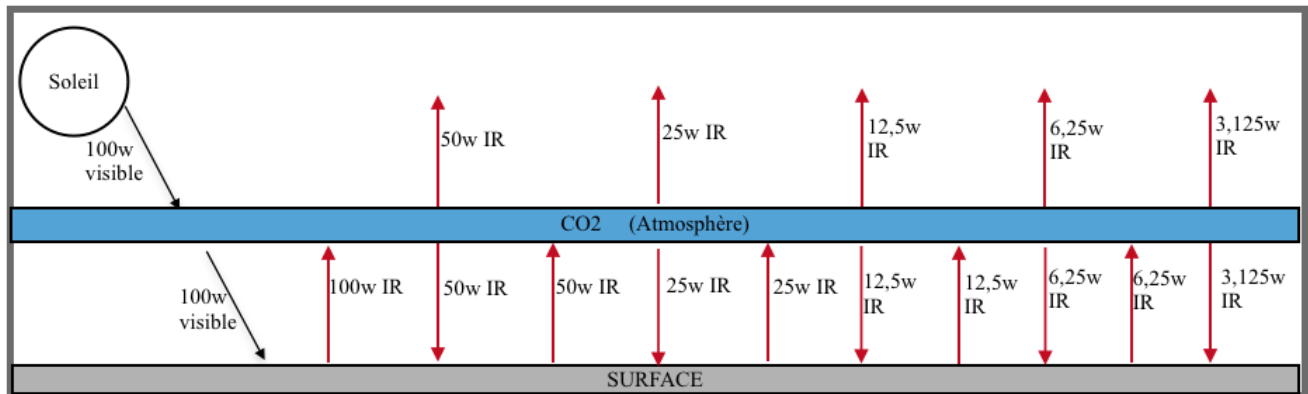
2: En présence de CO₂ (présence d'atmosphère):

Le spectre du rayonnement solaire incident visible mesuré à la surface de la terre est quasiment identique à celui mesuré au sommet de l'atmosphère, on en déduit que les gaz atmosphériques absorbent très peu les longueurs d'ondes visibles: l'atmosphère est transparente (elle transmet) aux longueurs d'ondes visibles. Ce rayonnement incident visible traverse l'atmosphère et atteint la surface de la terre qui l'absorbe et s'échauffe. La surface ré émet alors un rayonnement dans le domaine de l'IR.

Le spectre du rayonnement IR mesuré au sommet de l'atmosphère est beaucoup plus faible que celui mesuré à la surface de la terre; on en déduit que l'atmosphère absorbe une grande partie du rayonnement IR.

Certains gaz atmosphériques sont particulièrement impliqués de cette absorption dans l'IR:

- l' H_2O gazeux qui absorbe près de 100% du rayonnement IR
- le CO_2 qui absorbe près de 100% du rayonnement IR entre 10 et 20 micromètres
- mais aussi le CH_4 , le N_2O , et l' O_3 On qualifie ces gaz de gaz à effet de serre (GES).



Lorsqu'une molécule de CO_2 (ou d'un autre GES) absorbe un rayonnement IR, elle s'échauffe à son tour et ré émet dans l'IR (loi de Wien). Cette ré émission se faisant dans une direction aléatoire, statistiquement 50% du rayonnement est ré émis vers l'espace, les 50% qui restent étant ré émis vers la surface où ils participent alors à l'échauffement de la surface...

La surface reçoit un flux incident de 100w visibles auxquels s'ajoutent $50 + 25 + 12,5 + 6,25 + 3,125 + \dots$ de flux IR ré émis par l'atmosphère vers la surface. Le flux total reçu obéit à une série géométrique de raison $q = 1/2$: $S = V_0 \cdot [(1 - q^{n+1}) / (1 - q)]$
Le flux total reçu tend vers 200 w lorsque le flux initial reçu V_0 (flux incident visible) est de 100 w

La surface ré émet dans l'IR $100 + 50 + 25 + 12,5 + 6,25 + 3,125 + \dots$. Le flux total ré émis obéit encore à une série géométrique de raison $q = 1/2$ qui tend vers 200 w lorsque le flux incident visible est de 100 w

Ainsi, à l'équilibre thermique, si la flux incident visible est de 100 w, la surface reçoit un flux total de 200 w (100w de flux incident visible plus 100w de flux IR ré émis par l'atmosphère vers la surface) et ré émet 200 w d'IR vers l'atmosphère.

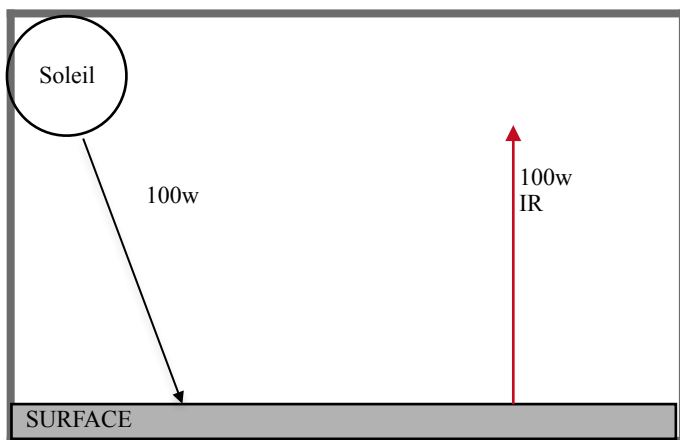


Schéma de la situation d'équilibre thermique sans CO_2

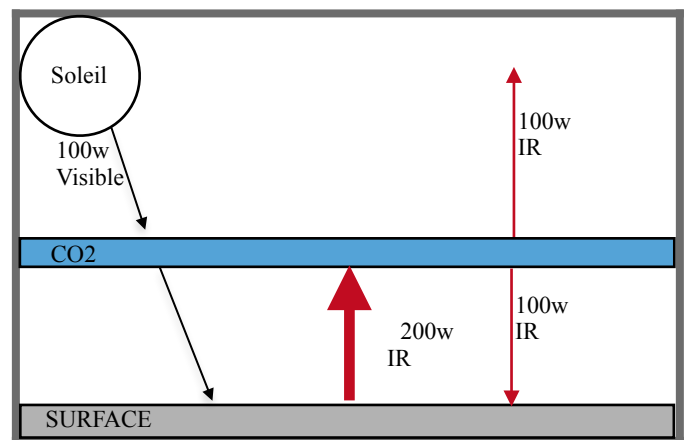


Schéma de la situation d'équilibre thermique avec CO_2

3: Conclusion: Dans ce modèle, en présence de CO_2 , la surface reçoit et ré émet deux fois plus d'énergie qu'en l'absence de CO_2 ce qui provoque un décalage de l'équilibre thermique: la température d'équilibre est plus élevée en présence de CO_2 qu'en l'absence de CO_2 .

Remarques:

- On établit de la même façon un équilibre thermique au niveau de l'atmosphère.
- Le modèle assimile la terre à un corps noir; ce qui en réalité n'est pas le cas: l'atmosphère et la surface de la terre réfléchissent une part importante du rayonnement incident. De plus, l'atmosphère absorbe en réalité une partie du rayonnement incident.

IV: Bilan

Lors d'une période de réchauffement climatique, la baisse de solubilité du CO_2 dans l'eau, entraîne une augmentation de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère (dégazage) et donc une accentuation de l'élévation de température moyenne de l'atmosphère par effet de serre. Le réchauffement climatique est amplifié. Lors d'une période de refroidissement, l'augmentation de la solubilité du CO_2 dans l'eau, entraîne une diminution de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère (dissolution) et donc une diminution de l'effet de serre. Le refroidissement climatique est amplifié.

