

Auteurs : Jean-louis Dufresnes (plus d'infos)

Résumé : L'objet de ce chapitre est d'expliquer les principes physiques de l'effet de serre, pourquoi et comment une modification de l'effet de serre peut influencer sur le climat et de faire le point sur nos connaissances actuelles sur les prévisions des changements climatiques futurs. Document issu de l'ouvrage "29 notions clefs pour savourer et faire savourer la science - primaire et collège", paru aux éditions Le Pommier en août 2009.

Copyright : Creative Commons France. Certains droits réservés.



Effet de serre et climat

Contexte et aspects historiques

Le climat a été pendant longtemps considéré comme immuable avant que le naturaliste suisse Louis Agassiz, dans la première moitié du XIX^e siècle, émette l'hypothèse qu'il avait varié dans le passé. La présence de stries sur certains rochers ou celle de très gros blocs rocheux dans les basses vallées des Alpes ou de l'Écosse lui paraissaient être des indices d'une ancienne activité glaciaire. Aujourd'hui, on ne parle plus du tout de « climat immuable ». Au contraire, de nombreuses mesures et observations indiquent l'existence de changements climatiques passés importants, avec notamment une succession de périodes glaciaires et interglaciaires depuis plus de 800 000 ans. Sur des échelles de temps plus courtes, un réchauffement climatique de 0,8 °C a été observé pendant le XX^e siècle, et il est établi depuis peu qu'il est principalement dû aux activités humaines. Ces changements pourraient être bien plus importants dans le futur et le réchauffement pourrait atteindre + 3 à + 5 °C d'ici la fin du siècle d'après le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, ou en anglais IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) qui publie régulièrement des rapports de synthèse très complets sur le sujet (en 1990, 1995, 2001, 2007 et 2013).

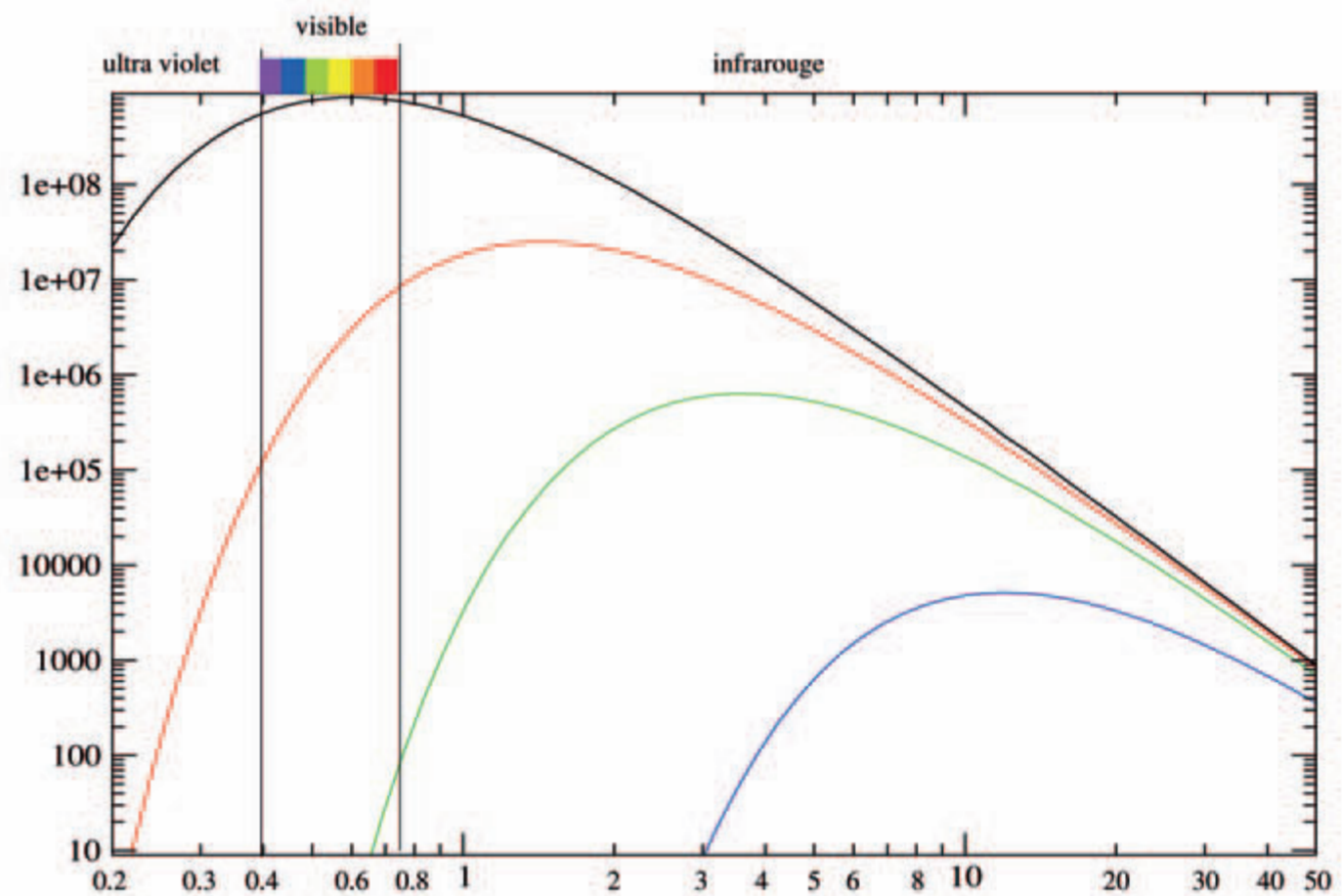
Pourquoi et comment le climat varie-t-il ? Cette question apparaît dès que les phénomènes physiques régissant la température de surface de la Terre sont établis par le physicien et mathématicien français Joseph Fourier, au début du XIX^e siècle. Joseph Fourier montre que la température à la surface de la Terre est le résultat d'un équilibre entre les gains et les pertes d'énergie et que ces échanges se font principalement par rayonnement. La Terre reçoit de l'énergie du Soleil, ce qui la réchauffe. Mais, comme tout corps chaud, elle émet elle-même du rayonnement, sous forme de rayonnement infrarouge, ce qui la refroidit. La température de surface est le résultat de cet ajustement : si les apports d'énergie sont plus élevés que les pertes, la température de surface augmente ; dans le cas contraire, la température baisse. Joseph Fourier en déduit que tout changement des conditions de surface de la Terre peut entraîner un changement du climat : « L'établissement et le progrès des sociétés humaines, l'action des forces naturelles peuvent changer notablement, et dans de vastes contrées, l'état de la surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvements de l'air. De tels effets sont propres à faire varier, dans le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne. » Il émet également l'hypothèse de l'existence d'un effet de serre sur la Terre et de son rôle pour diminuer les pertes d'énergie par rayonnement infrarouge. De nombreuses études sont menées tout au long du XIX^e et du XX^e siècle à partir de ces travaux fondateurs. La vapeur d'eau et le dioxyde de carbone (CO₂, anciennement appelé « gaz carbonique ») sont identifiés comme les principaux gaz à effet de serre et, en 1859, le Suédois Svante Arrhenius est le premier à calculer l'effet d'une augmentation ou d'une diminution de la concentration en CO₂ sur la température de surface de la Terre. Il émet aussi l'hypothèse que les variations de la concentration en CO₂ peuvent jouer un rôle moteur dans les variations climatiques passées et futures.

L'objet de ce chapitre est d'expliquer les principes physiques de l'effet de serre, pourquoi et comment une modification de l'effet de serre peut influencer sur le climat et de faire le point sur nos connaissances actuelles sur les prévisions des changements climatiques futurs.

Comment la Terre se refroidit-elle ?

Il existe trois modes de transfert de chaleur (ou énergie thermique) : la conduction et la convection sont deux modes d'échange, respectivement par contact et par mouvement – il faut donc de la matière pour qu'ils puissent exister –, le troisième est le rayonnement, qui est le seul à pouvoir transporter de la chaleur dans le vide. Ainsi, si l'on considère la Terre et son atmosphère dans le vide interplanétaire, elles ne peuvent échanger de l'énergie que par rayonnement. Elles reçoivent de l'énergie sous forme de rayonnement solaire, qu'elles absorbent en partie, et perdent de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge. Ce dernier type de rayonnement était appelé de façon imagée « chaleur obscure » à l'époque de Fourier : il transporte de l'énergie mais on ne le voit pas.

La vie quotidienne nous rend familière l'idée qu'un corps « très chaud » (cheminée, porte de four...) émet un rayonnement, mais qu'il en soit de même pour un corps à température ambiante n'a rien d'évident. Tous les corps émettent un rayonnement et les propriétés de ce rayonnement dépendent de leur température. Plus un corps est chaud, plus il « rayonne », c'est-à-dire plus il perd de l'énergie par émission de rayonnement. Le spectre de ce rayonnement, c'est-à-dire l'intensité rayonnée dans chaque longueur d'onde, dépend lui aussi de la température. Lorsque la température du corps est très élevée (supérieure à environ 700 °C), notre œil perçoit une partie du rayonnement qu'il émet : c'est le rayonnement visible. Par exemple, le rayonnement qui nous parvient du Soleil est émis par sa surface extérieure, dont la température est d'environ 6 000 °C (voir, dans cet ouvrage, « Le Soleil », par Pierre Léna). À cette température, 40 % de l'énergie est émise dans le domaine visible, c'est-à-dire dans une gamme de longueurs d'onde allant de 0,4 μm (violet-bleu) à 0,8 μm (rouge). On peut également citer le filament des lampes à incandescence dont la température est de 2 200 °C environ : on voit clairement sur la figure ci-dessus que seule une petite partie du rayonnement émis est visible, ce qui signifie que ces lampes ont une très faible efficacité énergétique (l'essentiel de l'énergie est émis dans une gamme de longueurs d'onde qui n'est pas visible, donc ne sert à rien pour l'éclairage !) et chauffent beaucoup. La lave des volcans, dont la température est d'environ 700 °C, émet très peu de rayonnement visible, et le peu qu'elle émet se trouve vers la couleur rouge. Si la température de l'objet considéré est inférieure à 700 °C, notre œil ne voit pas le rayonnement émis par l'objet – lequel n'émet que du rayonnement infrarouge. Les appareils de mesure du rayonnement infrarouge sont assez coûteux, mais des détecteurs de présence peuvent être utilisés pour en montrer l'existence.



Spectres du rayonnement émis par un corps à 6 000 °C (le Soleil, courbe noire), à 2 200 °C (une lampe à filament, courbe rouge), à 700 °C (la lave d'un volcan, courbe verte) et à 30 °C (courbe bleue).

On constate que certains matériaux sont transparents au rayonnement infrarouge (sac plastique transparent, sac-poubelle noir) quand d'autres y sont opaques (planche en bois, vitre). Certains sont transparents au rayonnement visible (vitre, sac plastique transparent), d'autres y sont opaques (planche en bois, sac-poubelle noir). Les propriétés de transparence ou d'absorption pour les rayonnements visibles et infrarouges peuvent être différentes.

Les matériaux ou les gaz qui participent à l'effet de serre ont la propriété d'être transparents au rayonnement visible et opaques au rayonnement infrarouge.

Il faut se procurer un détecteur de présence basé sur la mesure du rayonnement infrarouge, comme celui d'un carillon d'entrée ou d'une lampe à allumage automatique, matériel que l'on trouve couramment dans les quincailleries. Ces appareils se déclenchent lorsqu'ils mesurent une variation de l'intensité du rayonnement infrarouge reçu : par exemple, lorsqu'une personne passe devant un tel détecteur, celui-ci réagit car la température de la peau est plus élevée que celle des murs ou du plancher en arrière-plan. L'expérience proposée doit être réalisée dans un endroit peu éclairé de la pièce pour éviter toute source de chaleur ou de lumière parasite. On place un « fond » (par exemple une petite planche de bois) devant le détecteur et un cylindre de carton devant son ouverture pour limiter son « champ de vision » (voir la figure ci-dessous). On prend deux bouteilles en verre, l'une à température ambiante, l'autre remplie d'eau chaude du robinet. Si on fait passer la bouteille à température ambiante devant le détecteur, rien ne se passe. Si on fait de même avec la bouteille chaude, le détecteur se déclenche. Il réagira également si l'on fait passer devant lui la main, le visage ou tout autre objet plus chaud que le « fond ».

On peut également utiliser ce montage pour montrer que certains matériaux laissent passer le rayonnement infrarouge et d'autres pas.

On reprend le même dispositif et on interpose différents écrans entre le détecteur et la bouteille chaude (ou tout autre objet chaud). Si le détecteur ne réagit pas au passage de la bouteille chaude, c'est que l'écran ne laisse pas passer le rayonnement infrarouge émis par la bouteille, qu'il lui est opaque. Au contraire, si le détecteur réagit, c'est que l'écran est transparent au rayonnement infrarouge émis par la bouteille. Comme écran, on pourra prendre par exemple une planche de bois, une vitre, un sac de congélation transparent ou un sac-poubelle noir.

