

L'effet de serre, c'est le résultat de l'activité humaine.

- *Que pensez-vous des critiques de la théorie du changement climatique ?*
- *Il y a environ trois cents ans, une Société de la terre plate a été fondée par ceux qui ne croyaient pas à la rotondité de la planète. Cette société existe toujours, elle doit compter une dizaine de membres.*

R. Pachauri, président du GIEC, interview au *Monde*,
21 février 2003

L'expression « effet de serre* », naguère réservée aux spécialistes, est tombée dans le domaine public. Cela ne va pas sans confusion et la première est celle énoncée dans cette idée reçue. Car il faut s'entendre sur ce qu'est vraiment l'effet de serre : s'agit-il d'un effet artificiel, à l'instar de celui produit par les jardiniers cultivant des végétaux tropicaux dans une cage de verre, ou d'un phénomène naturel ? Pour éclairer cette question, il faut d'abord parler... de la lumière !

Notre œil n'est sensible qu'aux rayonnements électromagnétiques de longueur d'onde comprise entre 0,4 et 0,7 microns environ, ce qui constitue précisément la lumière visible*, au maximum d'intensité du rayonnement solaire. Le spectre d'émission* du Soleil est lié à la température qui règne à sa surface, proche de 5 900 °K*. Tous les corps rayonnent, mais la composition du rayonnement émis change en fonction de la température. Un objet chauffé ne commence à émettre un rayonnement visible qu'au-

dessus d'une certaine température. La couleur de la lumière émise passe du rouge au jaune à mesure que sa température s'élève. À l'inverse, quand il se refroidit, l'émission lumineuse cesse, mais le rayonnement persiste dans l'infrarouge*, invisible pour nos yeux, de longueur d'onde d'autant plus élevée que sa température est basse.

Après avoir tourné autour de la serre, pénétrons-y. Une serre de jardin possède des vitrages qui, comme l'atmosphère, laissent passer la lumière visible, mais empêchent la sortie du rayonnement infrarouge émis de l'intérieur de la serre, capturant ainsi une partie de la chaleur absorbée, d'autant mieux que l'air chaud et humide qui s'y trouve ne peut sortir. La température de la serre s'élève jusqu'à l'équilibre entre le rayonnement visible entrant et le rayonnement infrarouge, invisible, émis par la serre. C'est aussi ce qui se produit dans une voiture exposée au soleil, vitres fermées. En plein air, chacun peut ressentir l'effet de serre atmosphérique, en comparant la douceur des nuits nuageuses à la fraîcheur des nuits claires. À l'inverse, la clarté de l'air explique l'écart de températures entre le jour et la nuit dans le désert. Cette dernière remarque nous suggère que tous les gaz présents dans l'atmosphère ne participent pas également à l'effet de serre.

90 % du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre est absorbé dans l'atmosphère, qui reçoit deux fois plus d'énergie du sol que du soleil. Elle rayonne à son tour, à une température inférieure à celle du sol, dans toutes les directions, vers l'espace, mais aussi vers les couches d'air plus basses. L'effet de serre exprime le fait que certains gaz présents dans l'air retiennent une part du rayonnement infrarouge terrestre, dont seulement 60 % s'évade finalement vers l'espace. L'atmosphère est formée à 99 % d'azote

(N₂) et d'oxygène (O₂), molécules diatomiques qui n'absorbent pas le rayonnement infrarouge, mais diffusent la lumière visible (ce qui donne au ciel sa couleur bleue). Les « gaz à effet de serre », dotés de trois atomes ou plus, absorbent l'infrarouge. Ils comprennent la vapeur d'eau (H₂O), le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂), l'ozone* (O₃), le méthane* (CH₄), et quelques autres (oxydes d'azote, CFC, etc.). Ils sont présents en quantité infime, au total moins de 1 %. La vapeur d'eau fournit la plus grande contribution à l'effet de serre, mais son temps de résidence dans l'atmosphère n'est que de quelques jours : le cycle de l'eau (évaporation, condensation, précipitation) est rapide, l'eau ne s'accumule pas dans l'atmosphère. Par contre, le gaz carbonique y a une durée de vie beaucoup plus longue, de l'ordre de deux cents ans. Le CO₂ rejeté par les activités humaines peut donc séjourner dans l'atmosphère et y exercer un effet durable. En clair, l'action de l'homme ne « crée » pas l'effet de serre, elle l'augmente.

La température moyenne de la Terre, calculée à partir de l'équation du bilan radiatif*, est de 15 °C. Toutes choses égales par ailleurs, si tout le rayonnement infrarouge terrestre s'échappait vers l'espace, la température moyenne serait de -18 °C. Ceci revient à dire que l'effet de serre naturel élève la température moyenne annuelle globale de la Terre de +33 °C. Sans effet de serre, toute l'eau sur la Terre serait gelée. En fait, la surface des océans et des continents serait couverte de neige ou de glace, l'albédo* serait donc supérieur à 30 % et la température de la Terre serait encore plus basse ! Vive donc l'effet de serre naturel, qui rend cette planète habitable ! Mais surtout, qu'il n'augmente pas, car si davantage de rayonnement infrarouge reste piégé dans l'atmosphère et que la température moyenne de la Terre s'élève, il s'en suivra

une cascade d'effets secondaires, en particulier sur le cycle de l'eau, qui va réagir en amplifiant ou en atténuant les effets de ces perturbations.

Il faut bien voir l'interdépendance de facteurs très divers dans l'équilibre du climat. Toute perturbation d'un élément du système provoque des réactions, mais aussi déclenche, accélère ou freine d'autres processus qui à leur tour modifient le système. Le terme de rétroaction désigne cette séquence. Une rétroaction peut être négative, c'est-à-dire qu'elle tend à s'opposer à la cause qui lui a donné naissance, ou positive, donc avoir un effet amplificateur, aggravant le déséquilibre initial. Par exemple, l'effet de serre additionnel élève la température des basses couches de l'atmosphère, qui peuvent donc emmagasiner davantage de vapeur d'eau, car plus l'air est chaud, plus il peut se charger d'humidité. Celle-ci va absorber une fraction supplémentaire du rayonnement infrarouge, ce qui va ajouter à l'effet de serre. C'est la rétroaction (positive) de la vapeur d'eau.

La rétroaction de la nébulosité est une des grandes inconnues du problème du changement climatique. L'effet de serre additionnel élève la température de surface de l'océan et des sols, ce qui augmente l'évaporation. L'humidité s'accroît, la condensation aussi, car la vapeur d'eau ne peut s'accumuler indéfiniment, et la nébulosité augmente. Les nuages réfléchissent le rayonnement solaire (rétroaction négative), mais ils absorbent du rayonnement infrarouge et renforcent aussi l'effet de serre (rétroaction positive). On ne sait lequel de ces deux effets l'emporte : il faudrait connaître la répartition spatiale et temporelle de la nébulosité modifiée, selon qu'il s'agira de nuages froids, hauts, formés de cristaux de glace et peu réfléchissants ou de nuages bas, épais et fortement réfléchissants.

De nouvelles observations sont nécessaires pour trancher cette incertitude. Mais quelques remarques simples peuvent être faites malgré tout. Les nuages atténuent le refroidissement nocturne par effet de serre, et le réchauffement diurne par l'effet parasol. Ceci explique que l'amplitude de température diurne est plus grande en été qu'en hiver. Avec le changement climatique, on devrait voir un accroissement de la nébulosité, donc un effet de serre plus grand, le jour et la nuit, et un effet parasol plus important, mais seulement le jour, évidemment. Dans ces conditions, on devrait observer un réchauffement nocturne plus important que le réchauffement diurne, autrement dit, une diminution de l'amplitude de la température entre le jour et la nuit : c'est bien ce que l'on constate actuellement.

Des nuits plus douces, pour des promenades romantiques au clair de lune ? L'accroissement de l'effet de serre par l'activité humaine, car c'est bien de cela qu'il s'agit, n'aurait donc pas que des mauvais côtés ? Certes, mais il serait bien imprudent de croire que le réchauffement climatique se limitera à répandre autour de nous l'agréable ambiance de la serre du jardin des Plantes !