

## **Climat** : Faut-il redouter l'effet de serre **ou mieux le comprendre ?**

Dans sa simplicité initiale, l'expression "effet de serre" désignait l'augmentation de la température dans une serre, milieu fermé, en **conséquence** de l'insolation.

Abusivement, le terme a été utilisé pour l'atmosphère, qui est un milieu ouvert sur l'espace, pour désigner un complément d'énergie reçu par le sol en **supplément** de l'insolation.

Ce qui se passe dans la serre d'un horticulteur ou d'un maraîcher se comprend aisément. La compréhension de "l'effet de serre" atmosphérique est un peu moins facile, sauf si l'explication en est progressive. C'est pourquoi je vous propose de partir de bases simples, en vous invitant à une expérience de pensée.

Imaginons une sphère parfaitement homogène, immobile dans le vide, ne subissant aucune influence extérieure et ayant le même diamètre et la même densité que notre planète, en un mot : ayant la même gravité.

Imaginons que cette sphère ait, en raison de sa radioactivité interne ou pour toute autre cause, une température de surface uniforme de 15°C, soit une température absolue de  $273+15 = 288^{\circ}\text{K}$ <sup>1</sup>.

La surface de cette sphère, pour maintenir sa température, va, évidemment, devoir évacuer vers l'espace autant d'énergie qu'elle en reçoit de l'intérieur de la sphère.

Autrement dit, notre sphère, face au vide interdisant conduction et convection, va émettre un rayonnement. Ce rayonnement dont la nature dépend de la température d'émission, ici une température modérée de 15°C, sera un rayonnement infrarouge. Comparable au rayonnement que vous ressentez en approchant, prudemment, de votre joue la semelle d'un fer à repasser, éteint mais encore chaud.

La lumière<sup>2</sup> est constituée de photons, associés à une longueur d'onde, la surface de notre sphère va donc émettre vers l'espace des photons infrarouges.

Maintenant, dotons notre sphère d'une atmosphère composée entièrement d'azote jusqu'à ce que la pression à la surface de la sphère atteigne 1013 hectopascals.

Attendons patiemment que l'équilibre se soit établi. Notre atmosphère d'azote aura, alors, une température de 288°K dans la couche en contact avec la surface de la sphère et une température, une pression, un nombre de molécules d'azote par unité de volume, décroissants au fur et à mesure que l'on s'élèvera en altitude. En raison, comme sur Terre, de la gravité qui empêche les molécules

---

<sup>1</sup> °C = degré centigrade utilisé dans la graduation des thermomètres usuels 0°C étant la température de la glace fondante . °k = degré Kelvin dont l'échelle a pour origine le zéro absolu égal à - 273°C, Température à laquelle tous les états de la matière, dont les gaz, sont "figés".

<sup>2</sup> La lumière est un rayonnement électromagnétique qui intègre la lumière visible, l'infrarouge, l'ultraviolet, comme les microondes et les rayons X.

d'azote de s'évader dans l'espace et de l'établissement d'un gradient de pression décroissant en allant du sol vers l'espace. Ce gradient s'accompagne d'un gradient de température et de concentration moléculaire, conformément à la loi des gaz parfaits <sup>3</sup> (*un gaz parfait est un gaz où les collisions sont toutes des collisions élastiques*) :

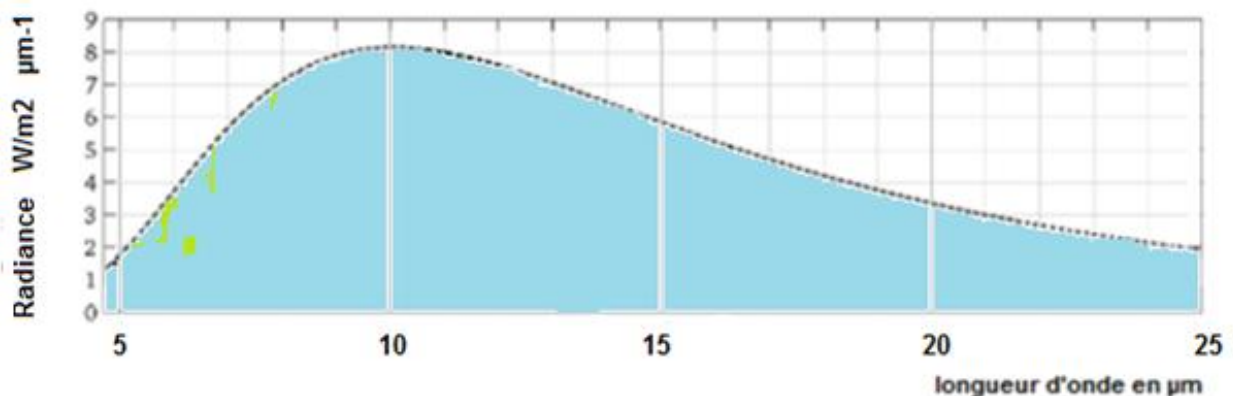
Mais alors, me direz-vous, notre sphère, dotée de son atmosphère d'azote, commence à ressembler à la Terre.

Oui, mais en beaucoup plus simple. L'énergie que reçoit sa surface vient de l'intérieur et n'a pas à traverser son atmosphère comme celle fournie par le soleil à la Terre. Son atmosphère ne contient ni oxygène (responsable de l'existence la stratosphère) ni argon ni molécules minoritaires comme l'eau, le CO<sub>2</sub>, le méthane ... Chauffée de l'intérieur, la température de sa surface est uniforme, contrairement à la Terre qui doit, par des circulations atmosphériques et océaniques, répartir l'excédent de chaleur reçu dans la zone équatoriale vers les pôles.

Par ailleurs, les molécules d'azote ne manifestent que de l'indifférence à l'égard des photons infrarouges, qu'elles laissent, passivement, s'évader vers l'espace.

Toutefois, ces photons ne sont pas tous identiques. Leur énergie ou, si vous le préférez, la longueur d'onde qui leur est associée varie et la répartition de l'énergie totale émise en fonction de la température n'est pas quelconque. Cette répartition obéit à la loi de Planck.

Un spectroradiomètre, situé dans l'espace, nous révélerait que la répartition de l'énergie émise (*la radiance*) serait conforme à la courbe ci-dessous (*courbe de Planck*) où la radiance (*l'énergie émise, en watts par m<sup>2</sup> de surface*) varie en fonction de la longueur d'onde des photons émis, exprimée en micromètres.



Pour la température de 288°K (15°C°) le maximum d'énergie est émis pour la longueur d'onde de 10 µm. Pour avoir un terme de comparaison : le Soleil, dont la température est voisine de 6000°K, a un maximum d'énergie émise pour une longueur d'onde de 0,6 µm, qui se situe dans la lumière visible. Le Soleil, plus

<sup>3</sup>  $P = N/V \times K_b$  où  $P$  est la pression,  $N/V$  la concentration moléculaire (nombre de molécules par unité de volume) et  $K_b$  la constante de Boltzmann, comme cela est enseigné en seconde des lycées.

chaud, émet dans des longueurs d'onde plus courtes et plus énergiques que celles émises par notre sphère ou la Terre.

Revenons, si vous le voulez bien, à notre expérience et complétons la en introduisant dans l'atmosphère de notre sphère des molécules "M3", à raison de quelques centaines pour un million de molécules d'azote.

La différence entre ces molécules "M3" et les molécules d'azote est que ces dernières laissent, passivement, les photons infrarouges s'évacuer vers l'espace, alors que les molécules M3 vont absorber les photons infrarouges ayant des longueurs d'onde spécifiques.

Pour comprendre pourquoi les molécules M3 sont absorbantes dans l'infrarouge, alors que les molécules d'azote ne le sont pas, il faut se souvenir que l'énergie d'une molécule a deux composantes : son énergie cinétique et son énergie interne.

Son énergie cinétique dépend de sa vitesse de translation dans le gaz considéré et de sa masse ( $E = 1/2 mv^2$ ). *(Lorsque des molécules viennent percuter la surface de notre sphère, c'est la somme de leurs énergies cinétiques qui y crée la pression de 1013 hPa).*

Son énergie interne est un domaine plus complexe. Nous dirons, pour faire simple, que cette énergie interne peut prendre différentes valeurs, propres à la molécule considérée, et que ces valeurs ne sont pas quelconques, leurs intervalles sont quantifiés.

Il en résulte qu'un photon, d'énergie donnée donc de longueur d'onde bien déterminée, ne peut être absorbé que si son énergie correspond très exactement à l'intervalle entre deux niveaux d'énergie de la molécule. L'absorption portera l'énergie interne de la molécule de son niveau le plus bas (état fondamental) à un niveau plus élevé, qualifié d'état "excité". L'état excité est instable.

Un photon de 15  $\mu\text{m}$  de longueur d'onde a une énergie de 0,08 électron-volt. Pour qu'il soit absorbé par une molécule M3, il faut que celle-ci dispose de deux niveaux d'énergie séparés, exactement, par un intervalle de 0,08 ev.

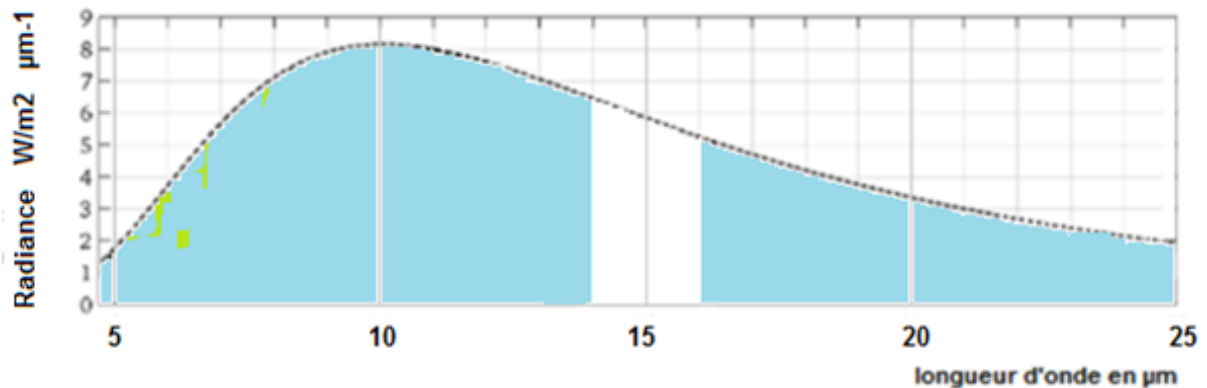
Un écart entre deux niveaux d'énergie de la molécule, ayant cette valeur, correspond à des niveaux d'énergie dits "vibrationnels". Cela suppose que les molécules puissent vibrer, ce qui est le cas, notamment, des molécules triatomiques H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>. En revanche, les molécules diatomiques telles que N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ne vibrent pas et ignorent les photons infrarouges traversant l'atmosphère.

C'est pourquoi nous avons introduit des molécules "M3" triatomiques.

Précisons, maintenant, que nos molécules M3 absorbent dans la bande de longueurs d'onde de  $15 \pm 1 \mu\text{m}$  et que leur nombre est suffisant pour que l'absorption dans cette bande de longueurs d'onde soit totale.

Que va observer le spectroradiomètre depuis l'espace, après que nous ayons brusquement introduit des molécules M3 ?

A l'instant "t" il ne voit plus de photons dans cette bande de longueurs d'onde, comme le matérialise en blanc la figure 2, ci-dessous:



Mais cet instant "t" est très court. L'absorption est un phénomène extrêmement rapide, la relaxation des molécules excitées ayant absorbé un photon ne l'est pas moins. Il n'est donc pas certain que le spectroradiomètre ait le temps d'enregistrer la disparition des photons. Mais à l'instant immédiatement suivant que verra-t-il ?

Je serais tenté de vous dire qu'il verra de nouveau des photons infrarouges dans la bande de longueurs d'onde centrée sur 15 μm et que, s'il voit de nouveau des photons dans cette bande, c'est que ces photons ont été réémis. L'état "excité" d'une molécule a une durée très courte, inférieure à la nanoseconde.

Toutefois, certains ne partageant pas cet avis, je dois donc vous inviter à considérer trois possibilités :

- réémission spontanée du photon, dans une direction aléatoire.
- réémission du photon sous l'effet d'une collision avec une molécule d'azote.
- transfert à une molécule d'azote, sous forme d'énergie cinétique, de l'énergie correspondant à celle du photon absorbé.

La probabilité d'une collision entre deux molécules d'azote ou entre une molécule M3 et une molécule d'azote est en effet très grande. Dans les conditions normales de température et de pression, une molécule donnée peut subir une collision toutes les nanosecondes.

Mais il faut remarquer que la pression dans notre atmosphère d'azote est toujours inférieure à la pression normale (1013 hPa) et que le nombre de collisions y sera plus réduit. Par ailleurs, les molécules excitées ne représentent qu'une faible fraction des molécules M3. Mais, surtout, la plus grande part de ces collisions vont être des collisions élastiques, se traduisant par de simples échanges d'énergie cinétique.

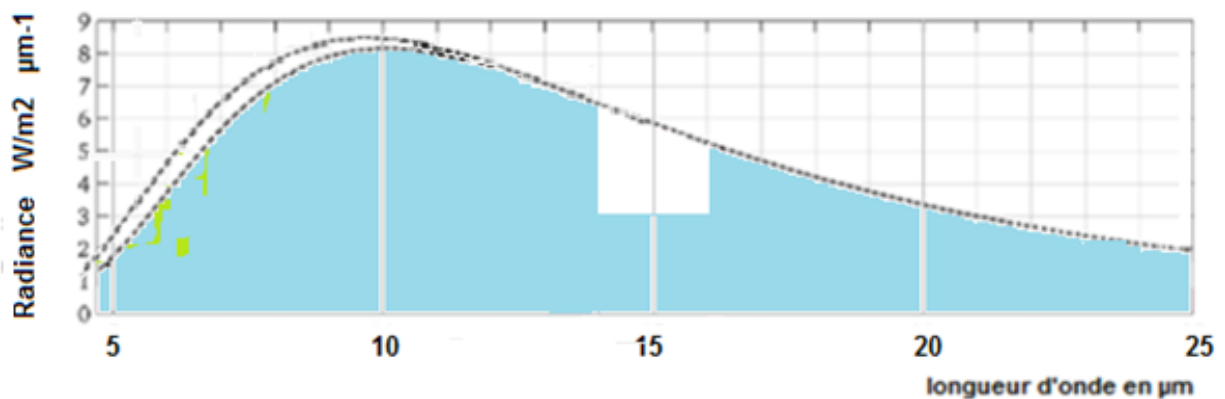
Pour que la collision soit inélastique, c'est-à-dire affecte l'énergie interne d'une molécule M3 excitée, il faut convertir en énergie cinétique une énergie strictement égale à celle du photon absorbé. Cela va exiger une vitesse très précise pour la molécule d'azote. Seule une très faible fraction des molécules

présentes répondra à ces conditions <sup>4</sup>. Encore faut-il que cette molécule d'azote, ayant la bonne énergie cinétique, rencontre une molécule M3 excitée. Finalement, on constatera que la probabilité d'un choc inélastique efficace entre une molécule d'azote et une molécule excitée M3 est très réduite <sup>5</sup>.

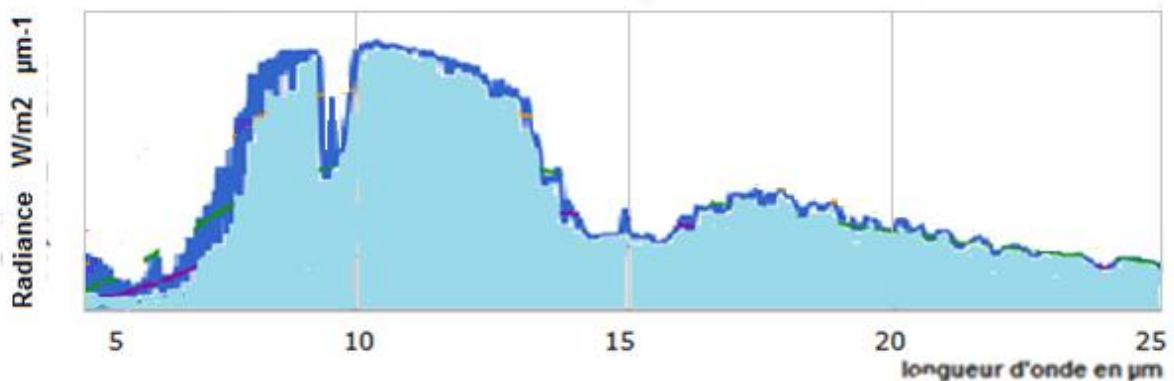
Il faudra donc conclure que la relaxation de l'état instable d'une molécule M3 excitée se réalise, essentiellement, par réémission spontanée du photon absorbé. Comme je vous l'ai indiqué en premier lieu.

La réémission de ce photon va s'effectuer dans une direction aléatoire, conduire à des réabsorptions et des réémissions successives par d'autres molécules M3. Finalement, les photons vont s'évacuer aux limites de l'atmosphère, grosso modo moitié vers le sol et moitié vers l'espace comme le verra le spectroradiomètre :

Fig.3



C'est d'ailleurs ce que l'on constate sur tous les spectres enregistrés depuis l'espace, notamment sur le spectre typique ci-dessous : aucune longueur d'onde n'est jamais totalement vide, même pour les longueurs d'onde où l'absorption est totale.

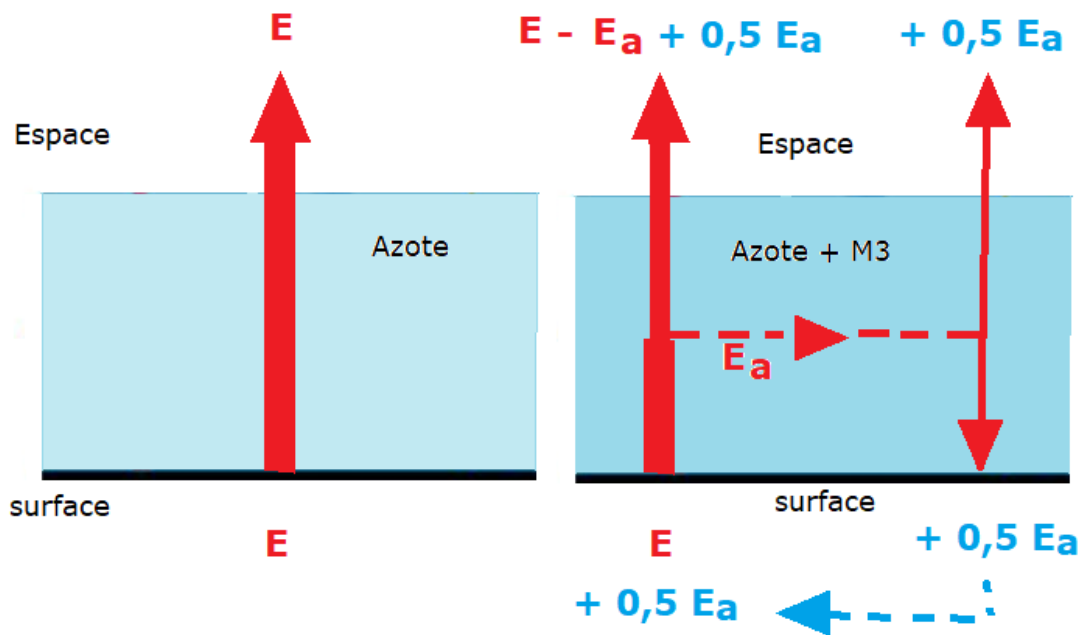


<sup>4</sup> Dans un gaz, les molécules n'ont pas toutes la même vitesse. La loi de distribution des vitesses de Maxwell concerne un intervalle de vitesses fixé par la température. Seule une petite fraction des molécules a une vitesse déterminée.

<sup>5</sup> A titre indicatif, selon la théorie des collisions, la probabilité pour qu'un choc entre deux molécules différentes, susceptibles de réagir entre elles, soit un choc efficace, c'est-à-dire provoque leur combinaison, est de 1 pour  $1.10^{12}$  chocs.

La moitié des photons que le spectroradiomètre, installé dans l'espace, ne voit plus a été retournée vers la surface émettrice <sup>6</sup>. Cette énergie supplémentaire que reçoit la surface, **c'est "l'effet de serre" atmosphérique.**

C'est pourquoi la fig.3 fait apparaître, en pointillé, une nouvelle courbe de Planck sous laquelle s'inscrit une surface plus grande. Cette augmentation de surface correspond à l'énergie supplémentaire émise par la surface en raison de l'augmentation de sa température. C'est ce que schématise la figure 5, ci-dessous :



À gauche : l'atmosphère est constituée d'azote pur. L'énergie "E" émise par la surface, en raison de sa température de 288°K, est rayonnée directement vers l'espace.

À droite, l'atmosphère est constituée de molécules d'azote et de molécules M3. Ces dernières absorbent, dans la bande de longueurs d'onde  $15 \pm 1 \mu\text{m}$ , une fraction " $E_a$ " de l'énergie émise par la surface. Cette énergie " $E_a$ " sera réémise, moitié vers l'espace, moitié vers la surface. La surface, recevant cette énergie supplémentaire ( $+ 0,5 E_a$ ) verra sa température augmenter ( $288^\circ\text{k} + \Delta T$ ) et rayonnera " $E + 0,5 E_a$ ". L'énergie évacuée vers l'espace continuera, pour assurer l'équilibre énergétique, d'être égale à l'énergie fournie au système depuis l'intérieur de la sphère :  $E - E_a + 0,5 E_a + 0,5 E_a = E$

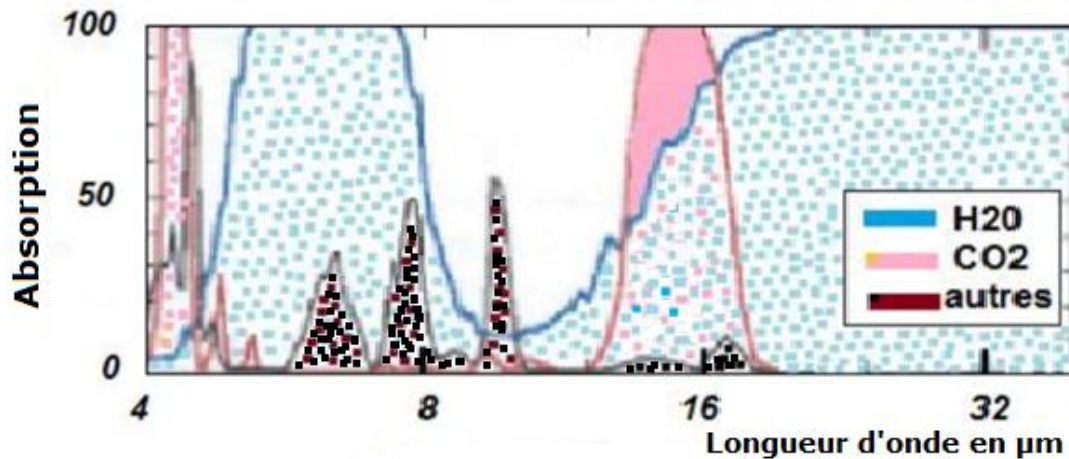
Je vous propose maintenant de revenir sur la Terre. Il nous faut remplacer l'atmosphère de diazote,  $\text{N}_2$ , par l'atmosphère que vous connaissez bien composée de 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et 1 % d'argon et remplacer les molécules M3 par des molécules d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), de  $\text{CO}_2$ , de méthane ( $\text{CH}_4$ ) ...

L'effet de serre sera le résultat conjugué de l'absorption par toutes les molécules absorbantes et, en tout premier lieu de l'absorption par l'eau dont les molécules

<sup>6</sup> Ce flux descendant de photons est mesurable et mesuré par des pyrromètres.

sont les plus nombreuses et les plus efficaces. Les autres molécules absorbantes minoritaires CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.. n'ont qu'un rôle additionnel.

C'est ce que vous pouvez constater sur le graphique ci-après (*attention, l'échelle des longueurs d'onde est logarithmique*) :



On constate effectivement que l'eau a un rôle prépondérant dans l'absorption donc dans l'effet de serre. En l'absence d'autres molécules absorbantes, l'absorption totale serait peu différente. Même dans la bande de longueur d'onde centrée sur 15 μm, où le CO<sub>2</sub> est absorbant, H<sub>2</sub>O conserve un effet dominant. (L'absorption non dominée par H<sub>2</sub>O, vers 10 μm, est celle de l'ozone).

Peut-on évaluer cet effet de serre dont bénéficie notre planète ?

Autrement dit quel serait la température de notre Terre, sans effet de serre ?

Ce que nous connaissons avec certitude est la radiance solaire au voisinage de la Terre. Elle est de  $1360,8 \pm 0,5$  W/m<sup>2</sup> selon les mesures les plus récentes de SORBE, (soit, en moyenne, environ 340 W par m<sup>2</sup> de surface terrestre <sup>7</sup>). Pour le reste il nous faut imaginer quel serait l'albédo (le pourcentage d'énergie solaire renvoyé dans l'espace par réflexion et diffusion) d'une planète sans eau, sans mers, sans glaces, sans nuages, sans couverture végétale et sans atmosphère. Notre planète ressemblerait alors beaucoup à Mars dont l'albédo est de 0,15.

En adoptant cet albedo, le rayonnement solaire atteignant la Terre serait, en moyenne, de  $340 \times (1-0,15) = 289$  W/m<sup>2</sup>, ce qui conduit, en utilisant la bien commode loi de Stefan-Boltzmann ( $E = 5,674 \cdot 10^{-8} T^4$ ), à une température d'environ 267°K ou -6°C. Mais la Terre resterait sphérique et continuerait d'avoir un axe de rotation incliné sur l'écliptique. Elle serait, en revanche privée du moteur assurant par convection le transfert de l'énergie reçue à l'équateur vers les pôles. La moyenne des températures en serait perturbée. Certains estiment que cette perturbation pourrait atteindre plusieurs degrés. Une estimation prudente est donc de dire que sans effet de serre la température moyenne serait légèrement inférieure à 0°C.

<sup>7</sup> La surface d'une sphère est quatre fois celle d'un grand cercle :  $1360,8/4 = 340$ .



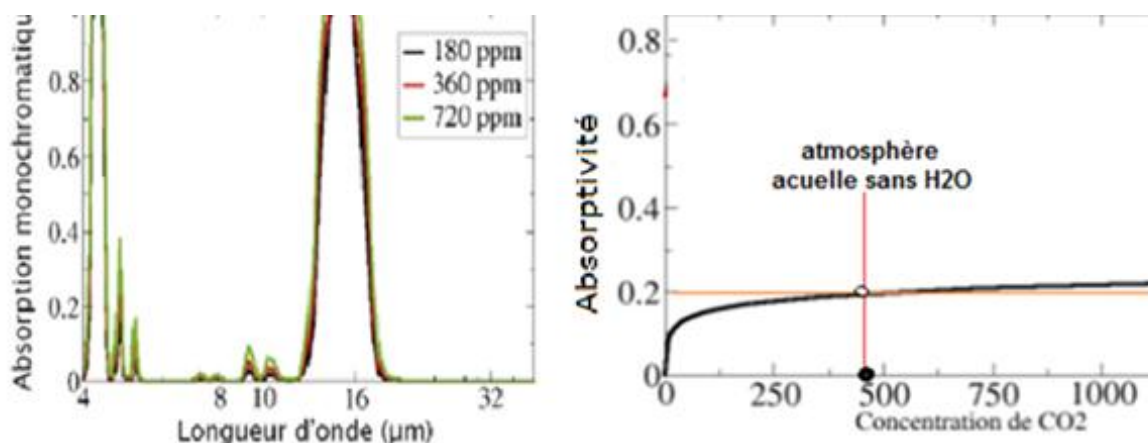
L'effet de serre que connaît notre planète améliore donc la température d'une quinzaine de degrés pour la porter au niveau plus confortable de 15°C.

Vous trouverez souvent dans la littérature mention d'un écart de 33°C qui est évidemment aberrant puisqu'il ne tient pas compte, notamment, de la variation d'albédo.

En résumant ce qui précède, nous retiendrons que l'effet de serre est un phénomène naturel, bénéfique, essentiellement dû à la présence d'eau sur la Terre.

Oui, me direz-vous, mais son augmentation pourrait devenir défavorable, voire catastrophique, comme quelques-uns nous le prédisent.

Cette prédiction repose spécifiquement sur l'accroissement du CO<sub>2</sub> atmosphérique, ce qui réduit son importance. De plus, elle est sans fondement, l'absorption, dans les longueurs d'onde où le CO<sub>2</sub> intervient, étant pratiquement saturée :



À gauche, variation de l'absorptivité en fonction de la longueur d'onde : on constate que l'élargissement de la bande d'absorption centrée sur la longueur d'onde de 15 µm augmente très faiblement lorsque la concentration en CO<sub>2</sub> augmente. À droite, variation de l'absorptivité en fonction de la concentration : on constate que l'absorptivité atmosphérique pour la concentration actuelle du CO<sub>2</sub> (410 ppm) augmenterait très peu si la concentration s'élevait jusqu'à 650 voire 1000 ppm.

Certains ont bien tenté d'affirmer que, lorsque l'absorption dans une longueur donnée est totale, l'ajout de nouvelles molécules pourrait quand même avoir un effet. Vous trouvez sans doute cette affirmation ridicule (*quand il n'y en a plus, il y en a encore*). Mais, plus regrettable encore, elle est argumentée en considérant qu'une couche gazeuse peut rayonner comme un corps noir ce qui est une hérésie physique et qu'il existe une altitude de l'émission infrarouge, ce qui ne l'est pas moins. Lorsque le nombre de molécules absorbantes est suffisant, l'absorption des photons IR émis par la surface dans les longueurs d'onde concernées va être totale. Mais ces photons vont être réémis, réabsorbés, réémis ... etc jusqu'à leur évacuation vers l'espace ou leur rencontre avec le sol. Il n'y a donc pas d'altitude d'émission. Tout le volume atmosphérique contenant des molécules absorbantes est concerné.

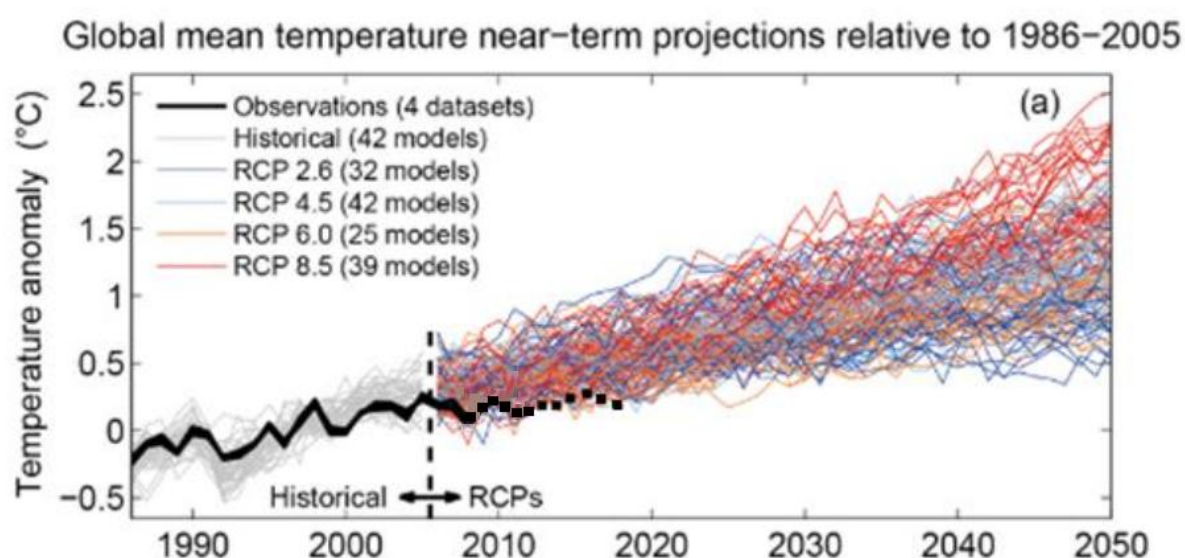


L'effet de serre n'est donc pas dû au seul CO<sub>2</sub>, comme les médias le laissent entendre, mais, essentiellement, à l'eau atmosphérique. Le GIEC le reconnaît d'ailleurs et cherche à redonner de l'importance au CO<sub>2</sub> en lui attribuant avec complaisance un rôle directeur dans l'effet de serre redevable à l'eau.

Le raisonnement est simple : Le CO<sub>2</sub> réchauffe le système Terre-atmosphère, ce qui conduit à une évaporation accrue de l'eau, plus d'eau atmosphérique augmente l'effet de serre, plus d'effet de serre accroît le réchauffement ... etc.

Cette rétroaction positive a été introduite dans les modèles du GIEC, notamment par le biais de la sensibilité climatique (*augmentation de température consécutive d'un doublement du CO<sub>2</sub>*) qui inclut, pour plus de 60%, l'incidence de la rétroaction positive de H<sub>2</sub>O.

Mais la réalité ne confirme pas les prévisions des modèles et prouve au contraire leur faillite.



C'est ce que montre le graphique ci-dessus, extrait du rapport du GIEC "Climate change 2013", chapitre 11, page 1011, figure 11-25. A partir de 2012, la moyenne des températures, figurée en points séparés par mes soins, résulte des relevés thermométriques publiés par le GISS (NASA) et Hadcrut 4, d'une part, et des relevés satellitaires publiés par RSS (NASA) et UAH<sup>8</sup>, d'autre part.

Très bien me direz-vous, le CO<sub>2</sub> n'est sans doute pas l'allumette qui initie l'effet de serre dû à l'eau, mais ce dernier ne peut-il pas s'emballer ?

La caractéristique principale de l'effet de serre dû à l'eau est sa variabilité. Le nombre de molécules d'H<sub>2</sub>O varie fortement avec l'altitude, avec les régions du monde considérées et, à quelques jours d'intervalle, en un même lieu.

En un même lieu, le constat peut être fait en utilisant des pyrromètres différentiels qui permettent de mesurer l'écart entre le flux infrarouge montant et le flux infrarouge descendant vers le sol. Le flux net montant (*flux montant - flux*

<sup>8</sup> GISS = Goddard Institute for Space Studies, hadcrut 4 est élaboré en coopération par le Met Office et l'université d'East Anglia. RSS = Remote Sensing System et UAH = Université de l'Alabama à Huntsville.

*descendant*) mesuré (aux latitudes moyennes) est de 90 à 130 W/m<sup>2</sup>, lorsque le ciel est clair (contient moins d'eau) et est compris entre 0 et 20 W/m<sup>2</sup>, lorsque le ciel est couvert (contient plus d'eau). Des instruments de mesure ne sont d'ailleurs pas nécessaires. Vous n'avez certainement pas manqué de remarquer, au petit matin, que par ciel clair, il faisait un peu plus frisquet qu'après une nuit sans lune en conséquence d'un ciel couvert de nuages.

Quant aux variations régionales, ou saisonnières, elles sont évidentes et fort importantes.

Un bon exemple de variation aléatoire est celui des événements El Niño dont on vous parle périodiquement. Un événement El Niño est la conséquence d'une modification de la circulation atmosphérique qui réduit le mélange des eaux de surface du Pacifique équatorial avec les eaux froides plus profondes. Les eaux de surface surchauffent, ce qui entraîne une évaporation accrue qui envoie dans l'atmosphère d'énormes bouffées de vapeur d'eau. L'augmentation d'effet de serre qui en résulte a généralement comme conséquence une hausse de la température moyenne de la planète pour l'année considérée.

Un tel réchauffement devrait entraîner une évaporation sur des zones plus étendues, plus de vapeur d'eau dans l'atmosphère, donc plus d'effet de serre et de réchauffement ... etc, selon le principe des rétroactions positives.

Mais ce n'est pas ce que l'on constate. Quelques mois, voire une année plus tard, tout rentre dans l'ordre. Pourquoi, alors que 70 % de la surface terrestre constitue une réserve quasiment inépuisable de molécules d'eau pouvant augmenter l'effet de serre ?

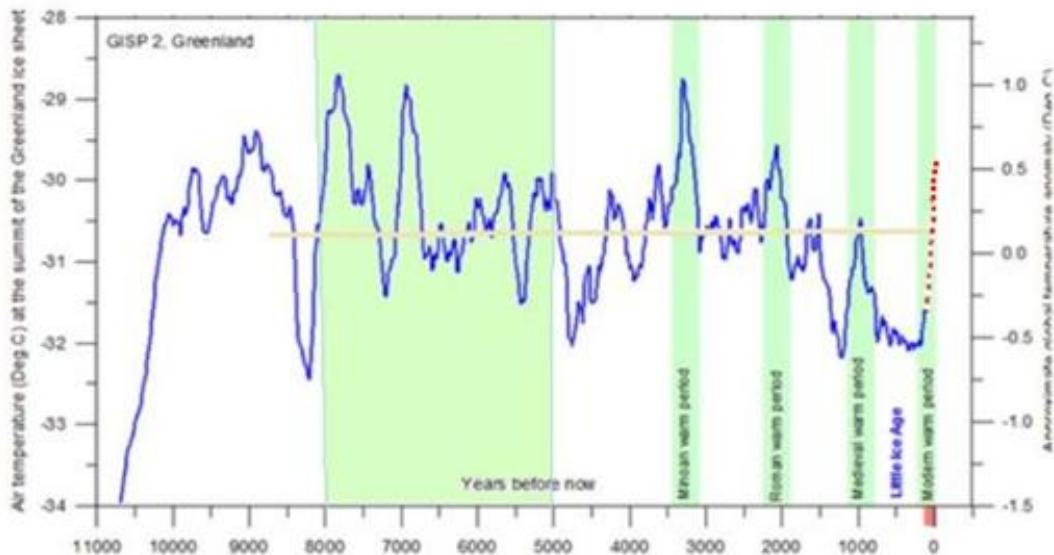
Parce que le principe de l'enchaînement des rétroactions positives est inexact. Il existe des rétroactions négatives. Plus d'eau dans l'atmosphère c'est aussi plus de nuages, ce qui a comme premier effet l'augmentation de l'albédo et la diminution de l'irradiation solaire parvenant au sol terrestre et comme second effet l'augmentation des précipitations.

Aux énormes bouffées de vapeur d'eau d'un événement El Niño peuvent être opposées des pluies diluviennes, sans que cette réplique se situe au même endroit ou soit forcément concomitante. La variabilité régionale et temporelle de la concentration atmosphérique en vapeur d'eau et de la nébulosité sont extrêmes.

Ce qui importe, c'est le constat que l'effet de serre est contrôlé, à la fois, par des rétroactions positives et des rétroactions négatives. Il est donc logique de se demander si le cycle : évaporation - formation de nuages - augmentation de l'albédo et des précipitations - ne constitue pas une régulation de l'effet de serre dû à l'eau et, de facto, une régulation de l'effet de serre global. C'est ce que pensent un certain nombre de scientifiques qui considèrent l'effet de serre actuel comme très proche de la saturation, voire saturé.

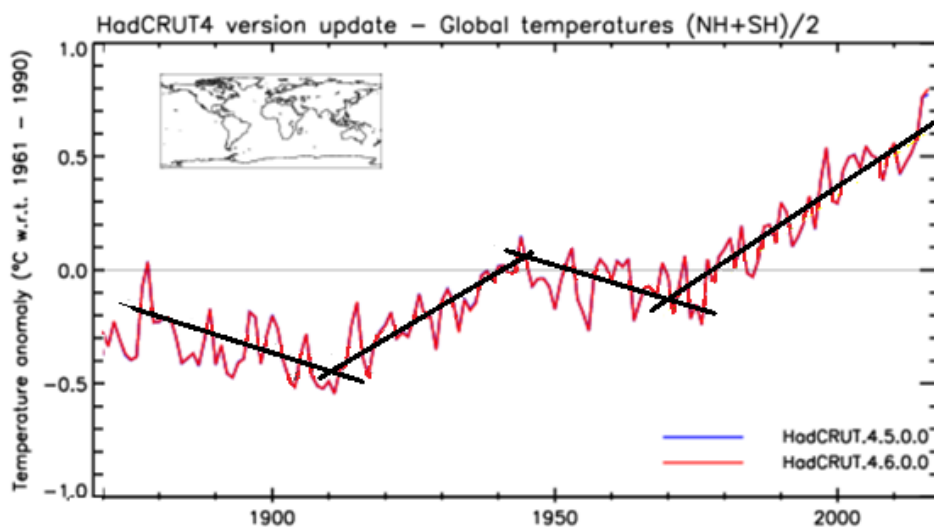
Auquel cas nous n'aurions pas à redouter une inflation de l'effet de serre. Un effet de serre stable n'exclut pas, bien sûr, des fluctuations climatiques. Elles peuvent être dues à des variations de la radiance solaire, à des variations de la nébulosité sous l'influence du rayonnement cosmique, à des éruptions

volcaniques, aux variations aléatoires des circulations atmosphériques et océaniques ... et, à plus long terme, aux relations astronomiques entre notre planète et son étoile. Les raisons ne manquent pas. L'expérience nous montre d'ailleurs qu'elles existent, alors que, pour la période considérée, le CO2 atmosphérique est considéré comme stable. Son augmentation commençant, selon le GIEC, avec l'industrialisation, il ne peut être responsable des fluctuations de température du passé :



Les carottes de glace prélevées par le Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP2) au sommet de la calotte glaciaire du Groenland permettent de déterminer, par des dosages isotopiques, la température de formation de la glace. Les résultats en bleu, publiés par NOAA s'arrêtent aux carottes datées "1905". Le pointillé rouge, ajouté par mes soins, indique une tendance actualisée. La large bande verte (- 8 000 à -5 000 ans) correspond à la période dite "Holocène climatic optimum" durant laquelle le Sahara était verdoyant.

L'incidence de l'augmentation régulière du CO2 atmosphérique, depuis l'époque préindustrielle, n'est d'ailleurs pas une évidence :



La période 1940-1980 durant laquelle le CO2 augmente mais la température décroît est contrariante. Il est d'ailleurs distrayant, à ce sujet, de se souvenir que de nombreux climatologues <sup>9</sup> redoutaient, au cours des années 1975-80, que ce refroidissement soit la prémisse d'un nouvel épisode glaciaire.

J'espère, au terme de ce court exposé, que "l'effet de serre" atmosphérique vous est plus familier et que vous aurez retenu qu'il est naturel, qu'il est dû pour l'essentiel à l'eau, si heureusement abondante sur Terre, et qu'il est régulé par l'évaporation, la formation de nuages et les précipitations.

Cela devrait dissiper votre inquiétude éventuelle à l'égard d'un réchauffement climatique de quelques dixièmes de degrés qui ne s'écarte pas du domaine des fluctuations naturelles constatées depuis plus de 10 000 ans. Cela devrait aussi vous éviter tout repentir prématuré concernant la poursuite, décrite comme catastrophique, du réchauffement actuel, dont l'Homme serait responsable.

### **Quelques Remarques :**

**T**out ce qui a été dit dans cet exposé pourrait être soumis à l'expérimentation. C'est d'ailleurs ce que le CERN <sup>10</sup> a fait (expérience CLOUD) pour montrer l'incidence de la variation du rayonnement cosmique sur la formation des microgouttelettes d'eau dans l'atmosphère, la nucléation favorisant la formation des nuages. C'est également ce qu'ont fait, avec des moyens très limités, des pionniers, physiciens ou chimistes, avant la création du GIEC. Il est dommage que les climatologues ne jurent que par les modèles. Le "Fonds vert pour le climat" de l'ONU reçoit annuellement plus de 60 milliards de dollars et devrait permettre, avec une efficacité accrue, une telle expérimentation.

**L**a théorie d'un réchauffement climatique à venir dont les conséquences seraient insupportables et dont l'homme serait responsable fait florès.

L'humanité a toujours aimé se faire peur et se repentir. Les Gaulois redoutaient que le ciel leur tombe sur la tête, le moyen âge craignait la fin du monde et en voyait partout les signes annonciateurs. Notre époque n'est pas avare de peurs, mais celle d'un réchauffement climatique faisant fondre les glaces polaires et noyant des continents entiers est certainement la plus en vogue, particulièrement dans le monde politique occidental.

**I**gnorants, apparemment, des processus naturels, (*respiration du monde vivant, décomposition végétale, dégazage des océans*) qui sont responsables de 96% des émissions de CO2 dans l'atmosphère, certains, emportés par un zèle écolo, qualifient le CO2 de polluant. C'est assez comique, puisque, comme vous le savez, le CO2 est la base de la photosynthèse donc de la vie végétale et

---

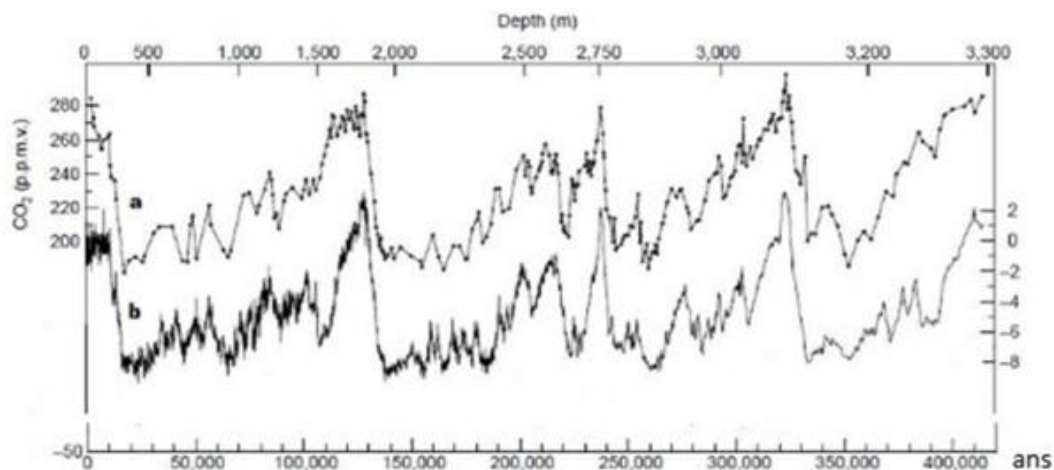
<sup>9</sup> Parmi eux, S. H. Schneider (décédé en 2010), cofondateur du GIEC, annonçait déjà dans son livre "Genesis Strategy, climate and global survival " une catastrophe climatique (alors, glaciaire).

<sup>10</sup> Le **C**entre **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire, situé près de Genève, est le plus grand centre de physique des particules du monde.

de la vie animale. Notre respiration se poursuit parce qu'il reste dans nos alvéoles pulmonaires une concentration de CO<sub>2</sub> cent fois plus importante que la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> et la vie n'a jamais été aussi exubérante qu'il y a 80 millions d'années où la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> était six fois supérieure à l'actuelle. Si certains alarmistes ne le savent pas, les horticulteurs et les maraîchers le savent bien puisqu'ils augmentent la concentration en CO<sub>2</sub> dans leurs serres pour stimuler et accroître leur production.

Les échanges contradictoires entre spécialistes sur la base de rapports isotopiques C<sup>13</sup>/C<sup>12</sup> et C<sup>14</sup>/C<sup>12</sup> (*le carbone a trois isotopes naturels*) pour savoir si l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique est due essentiellement ou non aux émissions anthropiques ne sont pas convaincants. Les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> ont évidemment pour conséquence d'accroître le CO<sub>2</sub> atmosphérique ... dans la mesure où les émissions naturelles sont exactement compensées par des absorptions, notamment par la photosynthèse ou la dissolution dans les océans. Ce qui est important est de se souvenir que la teneur en CO<sub>2</sub> actuelle est la plus basse que le monde vivant ait connue depuis des millions d'années.

La véritable interrogation est de savoir qui est l'œuf et qui est la poule. La température contrôle-t-elle le dégazage des océans et conséquemment le CO<sub>2</sub> atmosphérique ? Ou bien le CO<sub>2</sub> atmosphérique contrôle-t-il la température par augmentation de l'effet de serre ? J'ai déjà répondu à cette dernière question dans mon exposé, mais il est intéressant de constater le changement de pied des spécialistes concernant les rapports entre CO<sub>2</sub> et température durant les 400 000 dernières années :



Le graphique ci-dessus, extrait de *Petit et al 1999*, résulte des carottages effectués à Vostok dans la glace antarctique. Il fait apparaître une concordance étonnante entre l'évolution des températures (*déduites des dosages isotopiques*) et celle de l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub> (*mesurée dans l'air occlus de la glace*). Le GIEC l'a longtemps utilisé pour démontrer qu'il existait entre les deux une relation de cause à effet où le CO<sub>2</sub> avait le rôle directeur. Mais des études ultérieures, non contestées, ont démontré que les variations de

température précédaient de  $800 \pm 200$  ans les variations du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> n'est plus, alors, qu'une conséquence (*de la température et du dégazage des océans*).