

Séance du 10 avril 2017

Le CO₂, gaz maudit ou source de vie ?

Guy PUECH et Jean-Louis CUQ

Académie des Sciences et Lettres de Montpellier

MOTS CLÉS

Gaz carbonique, CO₂, vies végétales et animales, effet de serre, réchauffement climatique

RÉSUMÉ

Le rôle vital du CO₂ est décrit. C'est grâce à ce gaz, grâce au captage de l'énergie solaire au cours des phénomènes de photosynthèse que sont synthétisées les molécules organiques des organismes vivants. L'évolution de sa concentration est discutée avec ses causes naturelles et anthropiques. Son rôle dans les effets d'écran et de serre est discuté et minimisé par rapport à nombre de travaux alarmistes. Une réflexion sur les variations climatiques et le réchauffement est proposée.

1. Introduction

Sur notre terre, après sa création il y a 4,5 milliards d'années, la quantité de gaz carbonique était des milliers de fois plus élevée qu'aujourd'hui. Ce gaz provient de phénomènes endogènes de notre planète, de la respiration des végétaux et des animaux, de réactions de combustion de composés carbonés qui sont des réactions exothermiques pourvoyeuses d'énergie (combustion du charbon, du gaz, du pétrole et de ses dérivés).

Ce sont les centrales thermiques, les transports (camions) et les usines qui génèrent le plus de CO₂. En un siècle, l'homme par ses activités, industrielles surtout, a été à l'origine de l'augmentation de la quantité de CO₂ atmosphérique qui est passée, en un siècle, de **2000 à 2800 milliards de tonnes**.

Par habitant et par an les USA, la Chine et l'Europe en produisent respectivement 16,5, 7,2 et 6,8 tonnes (figure 1a). En Europe, la production exprimée en g de CO₂ par Kwh produit est schématisée sur la figure 1b.

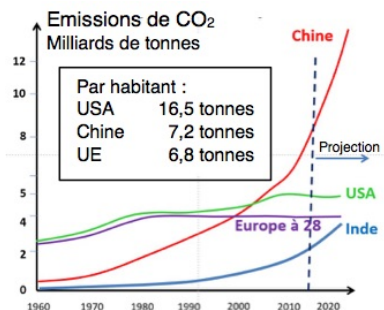


Figure 1a : émissions de CO₂

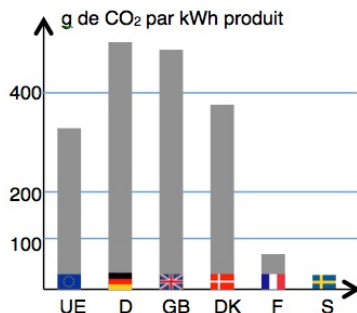


Figure 1b : émission de CO₂ par kWh

Quelques propriétés importantes du gaz carbonique :

Sa formule chimique est $O=C=O$; la molécule linéaire a une longueur de 0,232 nm. Il s'agit, à pression atmosphérique, d'un gaz inodore, incolore. Ce gaz est très soluble dans l'eau ($1,69 \text{ g.kg}^{-1}$ à 20°C), eau avec laquelle il donne une combinaison chimique : l'acide carbonique H_2CO_3 , acide qui se décompose en proton H^+ et en ion hydrogénocarbonate HCO_3^- . Dans son « diagramme de phases », il apparaît qu'il peut, en fonction de la température et de la pression, être à l'état gazeux, solide, liquide ou encore fluide supercritique. Parmi les quatre principaux gaz composants de l'atmosphère (azote 75.8 %, oxygène 20.3 %, vapeur d'eau 2.95 %, gaz carbonique 0.039 %), il est celui qui possède la plus faible capacité thermique (tableau 1).

	Conductivité thermique $W.m^{-1}.K^{-1}$	Capacité thermique massique $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Oxygène	0.027	650
Azote	0.026	730
Gaz carbonique	0.015	650
Vapeur d'eau	0.037	1410
Eau		4180

Tableau 1. Quelques caractéristiques thermiques de gaz atmosphériques

Sa structure triatomique $O=C=O$ lui permet d'interagir avec certains photons infra-rouges (IR) et ainsi de transformer une partie de l'énergie lumineuse portée par ces photons ($W=h\nu$) en agitation, donc en chaleur. Ce gaz absorbe ainsi les rayonnements IR de longueurs d'onde égales à 2 674 nm et à 4 525 nm, vibrations d'élongation respectivement antisymétriques et symétriques et plus faiblement à 9 415 nm, ce qui correspond aux vibrations de déformation d'angle dans le plan. La molécule ainsi « excitée » retourne à son état initial en émettant des photons IR de longueur d'onde égale ou inférieure dans toutes les directions.

2. Le CO_2 et la vie. Photosynthèse et cycle du carbone.

Pour les écologistes, les médias, le grand public, et même les décideurs, le CO_2 est un gaz maudit, un pollueur. Et pourtant, le CO_2 et son carbone sont à l'origine de la vie. Tous les composants carbonés des organismes vivants sont issus de ce gaz, aliment de base des végétaux.

Selon le botaniste montpelliérain Francis Hallé, l'homme du radeau des cimes, la biomasse végétale est composée, en valeurs moyennes, de 49,5 % de carbone, d'hydrogène et d'oxygène pour 48,5 %, de 1 % d'azote provenant de l'atmosphère et de 1 % seulement d'éléments provenant du sol.

Comment la vie s'organise-t-elle ? Vous avez tous entendu parler de la photosynthèse ou assimilation chlorophyllienne qui intervient dans la partie aérienne verte de tous les végétaux chlorophylliens, des grands arbres aux plus petites herbes ; et également dans les algues vertes et le phytoplancton. Dans cette merveille de la biochimie se déroulent des suites de réactions très complexes dont la résultante est la réaction chimique très simple :



C'est-à-dire : 6 molécules de CO_2 + 6 molécules d'eau + énergie solaire donnent une molécule de sucre + 6 molécules d'oxygène libérées dans l'atmosphère.

Le sucre produit se transforme et se diversifie au contact de l'azote de l'atmosphère fixé par les microorganismes des sols, mais aussi du phosphore, du potassium, du calcium, du sodium et des microéléments provenant des sols (c'est le problème de la richesse des sols) ; ils deviennent les constituants carbonés de la biomasse végétale.

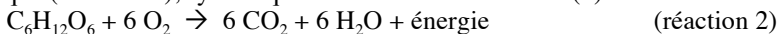
La vie végétale s'est établie la première sur terre. Sans CO_2 , pas de vie végétale, pas de vie animale qui dépend de la vie végétale, pas d'humanité.

La réaction de la photosynthèse, très endothermique, permet de stocker l'énergie solaire dans la biomasse végétale carbonée.

Que devient cette biomasse carbonée ?

1. Biomasse non utilisée.

Une partie importante des formations végétales reste toujours inutilisée. C'est le cas des forêts vierges et des zones « vertes » non productives. Ces formations sont le siège en permanence de deux filières, de deux grandes voies métaboliques, opposées et symétriques : d'une part régénération naturelle et croissance végétale par la photosynthèse (réaction 1) et d'autre part décomposition progressive des bois et tissus végétaux morts ; il s'agit de réactions d'oxydation (de combustion), résumées par la réaction chimique (réaction 2), symétrique et inverse de la réaction (1)



Il y a absorption d'oxygène et restitution à l'atmosphère d'énergie, de gaz carbonique et d'eau. De telles formations végétales fonctionnent en circuit fermé. Les réactions (1) et (2) s'annulent ; elles ont donc un bilan nul vis-à-vis de l'atmosphère.

L'Amazonie n'a, par conséquent, jamais été le « poumon de la planète ». Cette formule est d'ailleurs stupide, pour ne pas dire risible, n'en déplaît aux médias, car un poumon absorbe de l'oxygène et rejette du gaz carbonique !

2. Biomasse utilisée.

L'homme, avec l'accroissement progressif de la population et de ses besoins, utilise directement de plus en plus de biomasse carbonée, soit fossile, soit actuelle.

– Biomasse carbonée **fossile**.

Pendant l'époque du carbonifère, il y a plus de 200 millions d'années, la photosynthèse a permis la production de colossales masses végétales dont une partie s'est transformée lentement, en milieu anaérobie, en charbon, pétrole et gaz naturel ; énergies fossiles qui ont été stockées, cachées dans les profondeurs de la terre, un tout petit peu de l'énergie solaire du carbonifère. Leur utilisation permet aujourd'hui de satisfaire 90 à 95% de l'énergie nécessaire au développement de nos sociétés.

Leur combustion libère l'énergie accumulée dans les liaisons C-C et restitue à l'atmosphère le CO_2 stocké au carbonifère (réaction 2).

– Biomasse carbonée **actuelle**.

Les animaux hétérotrophes et l'homme se nourrissent de produits végétaux (céréales, légumes, fruits) et de produits animaux (viandes, lait) qui ne sont en fait que la transformation de l'alimentation végétale des herbivores. Cette alimentation, par transformation de biomasse, permet la croissance des organismes. Elle apporte également l'énergie nécessaire à la vie : dans les tissus se retrouvent, après transport par le sang, l'oxygène de la respiration et la biomasse carbonée des aliments ingérés ;

leur « combustion catalysée » produit cette énergie vitale selon la réaction chimique (2).

Après la mort des individus, végétaux et animaux, leurs corps se décomposent par des processus qui se résument également par la réaction de combustion (2).

On ne peut qu'être frappé par le fait que les réactions chimiques qui sont à la base des deux principales formes de la vie, vie végétale (réaction 1 photosynthèse et réaction 2 combustion), vie animale (réaction 2 combustion), soient symétriques et complémentaires. Les composants élémentaires (carbone, hydrogène, oxygène), se transforment, toujours identiques à eux-mêmes, depuis des millions d'années, dans la ronde permanente recombinaison (photosynthèse, réaction 1) – décomposition (combustion, réaction 2), entre d'une part la vie qui redonne des individus potentiellement différents, donc évolutifs et d'autre part la mort des individus, programmée, nécessaire. Cette ronde, schématisée par la figure 2, obéit au vieil adage : « rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme ». Malgré toute la complexité des équilibres biologiques, nous constatons la permanence, la simplicité et l'unicité des codes primordiaux de la vie.

Nous avons schématisé ce cycle de la vie (flèches montantes) et de la mort (flèches descendantes) dans la figure 2. Nous aurions pu rajouter vers le haut une quatrième sphère : la vie humaine, c'est-à-dire une vie animale avec une autre dimension ; l'Homme est le grand aménageur, mais aussi le grand destructeur, avec toujours un côté positif mais aussi un côté potentiellement négatif : il modifie de plus en plus, et à son goût, la vie animale, la vie végétale et même le monde minéral. Et pourquoi pas même une cinquième sphère, la vie de l'esprit, la noosphère, qui domine et oriente tout cet ensemble.

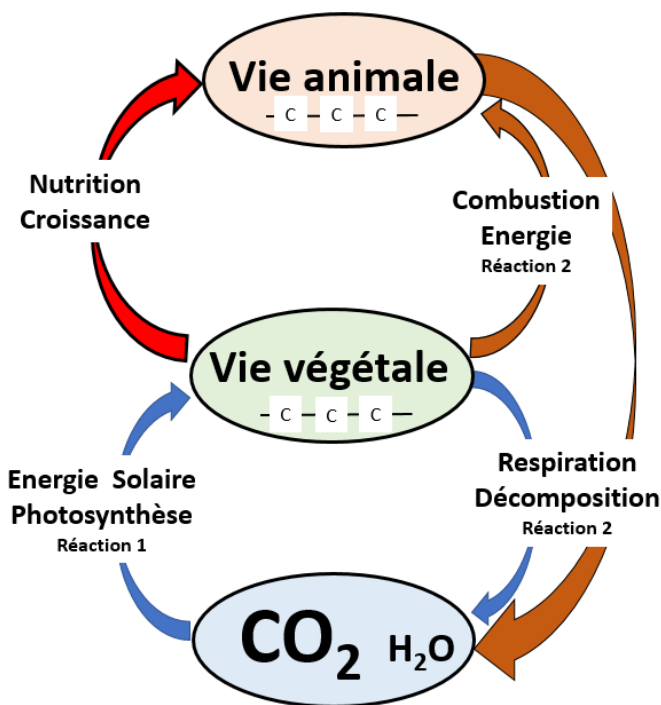


Figure 2. Cycle du vivant

L'homme utilise également la biomasse carbonée actuelle :

– Pour satisfaire ses besoins en énergie : bois de chauffage, résidus végétaux, biocarburants. Leur combustion (réaction 2) libère le CO_2 initialement transformé par la photosynthèse et stocké en molécules organiques ; leur utilisation est donc neutre vis-à-vis du CO_2 .

– Pour ses besoins en matériaux. C'est principalement le cas de l'exploitation des forêts aménagées et productives : bois ronds, bois recomposés et sciages. Leur utilisation est également neutre vis-à-vis du CO_2 , mais sa durée de stockage est fonction de la durée de vie des matériaux qui peut être très longue (charpentes, meubles). Un m^3 de bois stocke 1 tonne de CO_2 .

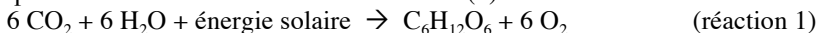
Constatons également que les forêts exploitées n'exportent par leurs bois que de la cellulose et de la lignine, c'est-à-dire du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, résultats de la photosynthèse, et un peu d'azote. L'exploitation des forêts peut donc se perpétuer sans aucun apport extérieur tout en améliorant la structure et la richesse microbiologique des sols. En fait c'est la forêt, et de façon plus générale les végétaux, qui créent progressivement les sols.

Il y a une véritable symbiose entre forêt et atmosphère.

Il est amusant de constater que les vieilles poutres de nos charpentes, éléments massifs et solides s'il en est, proviennent de l'air qui nous entoure, sont le fruit de la « fusion » de deux gaz incolores, invisibles et impalpables (gaz carbonique et vapeur d'eau, réaction 1) dans lesquels nous vivons.

Pour terminer ce chapitre de défense et illustration du CO_2 , évoquons un phénomène dont les médias parlent peu.

Reportons-nous une fois encore à la réaction (1).



La concentration du CO_2 dans l'atmosphère, qui était de 0,0276 % au début de l'ère industrielle, a franchi en 2016 le seuil symbolique de 0,0400 %, soit 45 % d'augmentation. Les lois très générales de Le Chatelier sur le déplacement des équilibres (dans un système à priori en équilibre) nous font prévoir que cette augmentation, très significative, de ce facteur très peu représenté (moins de 1 pour mille, donc facteur limitant) doit accélérer la vitesse de la réaction et donc aboutir à une très nette augmentation de production des végétaux terrestres, algues et phytoplancton marin ; donc à une augmentation des productions agricoles et forestières, et à une amélioration de la chaîne alimentaire des océans, éléments très positifs pour une humanité en expansion.

Quels sont les faits constatés ? Le rendement moyen du blé en France a été multiplié, du début du XIX^e siècle à nos jours, par 7 (de 10 à 70 quintaux / hectare / an) et par 10 dans le bassin parisien (100 quintaux / ha / an). Mais comment individualiser dans cette augmentation la part due au CO_2 de la part due à tout l'arsenal des améliorations génétiques et culturales, et des apports d'éléments chimiques (les engrais) qui dopent la production agricole ? Par contre, dans des forêts gérées de façon totalement naturelle, sans apports extérieurs, avec les mêmes espèces végétales et les mêmes règles sylvicoles depuis la fin du XIX^e siècle, les augmentations de production ne sont dues qu'aux facteurs naturels externes, c'est-à-dire la très forte augmentation de la concentration en CO_2 . On a pu constater dans ces forêts, aussi bien aux États Unis qu'en France, des augmentations de production pouvant aller jusqu'à 50 % et plus (INRA, Nancy), modulées par les facteurs limitants.

Les cultures sous serre confirment bien ce phénomène très bénéfique.

3. Le CO₂ et le climat.

3.1. Rapide historique de l'évolution de la température moyenne de la terre.

Les températures moyennes du globe, mensuelles et annuelles (voir figure 3), sont les paramètres essentiels représentatifs du climat. Ces paramètres paraissent simples, ils ne le sont pas du tout, il y aurait beaucoup à dire, mais ce n'est pas notre sujet. Constatons simplement que les **températures moyennes**, à l'origine des théories sur l'évolution du climat, sont d'autant plus imprécises que l'on recule dans le passé.

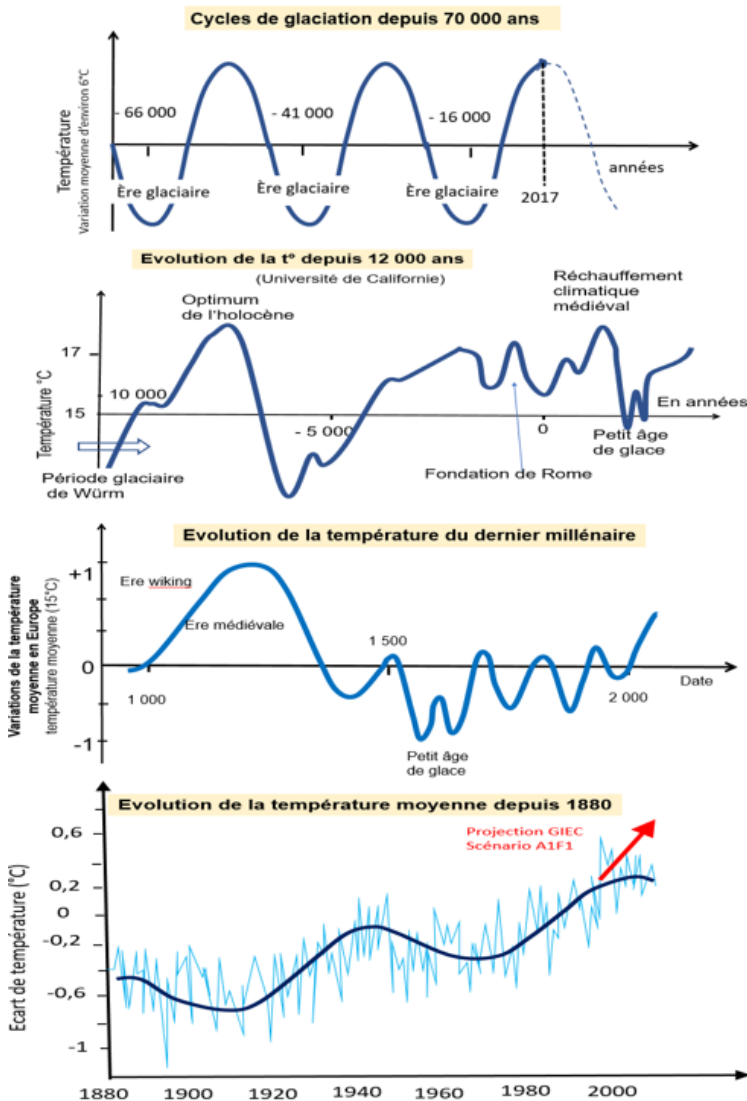


Figure 3. Evolution de la température moyenne de la terre de -65 000 ans à nos jours

Il y a 600 millions d'années, la température moyenne était de l'ordre de -50°C (-30°C) : Terre boule de neige. Les rayons du soleil, dont l'intensité calorique était d'environ 30% inférieure à celle d'aujourd'hui, étaient réfléchis par la glace. Sous l'effet des volcans et des **poussières** émises lors d'éruptions permettant l'absorption de la chaleur solaire ou du CO₂ dégagé par le volcanisme de subduction, la température a atteint, il y a **250 millions d'années**, +30 à +50°C (plus de calottes glaciaires) et l'eau des océans est devenue stagnante : la teneur atmosphérique en oxygène passa de 30 % à 10 %. La vie aquatique disparut à plus de 95 % : c'est l'**extinction permienne**. Cela dura environ 100 millions d'années.

Il y a 160 millions d'années la température ayant diminué, les dinosaures herbivores apparurent et leur taille devint gigantesque : ils ont bénéficié de la flore exubérante liée à **un taux de CO₂ une dizaine de fois plus élevé qu'il n'est aujourd'hui. Il ne faisait pas plus chaud.** C'est un **nuage de poussières** probablement lié à la chute d'un astéroïde gigantesque (10 kms de diamètre) qui provoqua une augmentation de température fatale à ces monstres.

Quatre cycles climatiques se sont succédés au cours des derniers 400 000 ans : cycles glaciaires – interglaciaires, de période 100 000 ans, avec une variation de température moyenne de l'ordre de 6 °C à 8 °C, ce qui est considérable.

Plus près de nous : il est aujourd'hui admis qu'un cycle de glaciation d'une période de 25 000 ans a existé ou existe... Nous serions ainsi dans une période interglaciaire et notre Terre devrait entrer en période de glaciation dans 7 000 ans (figure 3).

3.2. Le soleil et notre atmosphère. Effet d'écran, effet de serre

Le soleil produit 383 yottajoules (383×10^{24} joules) par seconde et globalement la Terre reçoit en permanence une puissance de 170 millions de gigawatts (soit 170 millions de milliards ou $1,7 \times 10^{17}$ joules par seconde), dont 122 sont absorbés alors que le reste est réfléchi (albédo). L'énergie totale absorbée en une année est de 3 850 ZJ ($ZJ = 10^{21}$ joules). Une partie de cette énergie est renvoyée dans l'espace par rayonnement IR. La photosynthèse capte 3 ZJ, le vent contient 2,2 ZJ et l'ensemble des usages humains de l'énergie 0,5 ZJ dont 0,06 ZJ sous forme d'électricité.

Le rayonnement solaire est le principal responsable du climat et de la plupart des phénomènes météorologiques observés sur notre planète. La « densité thermique » à la surface de la Terre est en moyenne à 99,98 % d'origine solaire. En 24 heures, compte-tenu de la rotation de la Terre (qui occulte la partie opposée au soleil), le flux solaire moyen, qui atteint le sommet de l'atmosphère, est de 342 W/m². Cette valeur reste très théorique (grande différence en pratique entre le flux reçu à l'équateur et aux pôles). Comparativement, le flux de chaleur d'origine interne est négligeable (0,06 W/m²).

Les **rayonnements ultraviolets et X incidents** sont absorbés au-dessus de 100 km en altitude, tandis que le **rayonnement infrarouge** est en partie absorbé par les nuages (eau liquide), le gaz carbonique et la vapeur d'eau (**effet d'écran**). Les chlorophylles en absorbant certains photons dans le rayonnement visible les transforment en « énergie chimique » indispensable à la vie (figure 4).

Une partie de ce rayonnement est absorbée par la surface de la Terre et convertie en **chaleur**. La surface de la Terre, qui n'est pas très chaude, 15°C en moyenne, **réémet en fonction de l'albédo** une partie de l'énergie solaire reçue, celle-ci pouvant être très partiellement « absorbée ou piégée », dans l'atmosphère par les nuages (**effet de couverture**) et à un degré bien moindre les gaz à **effet de serre**, surtout la vapeur d'eau et le CO₂.

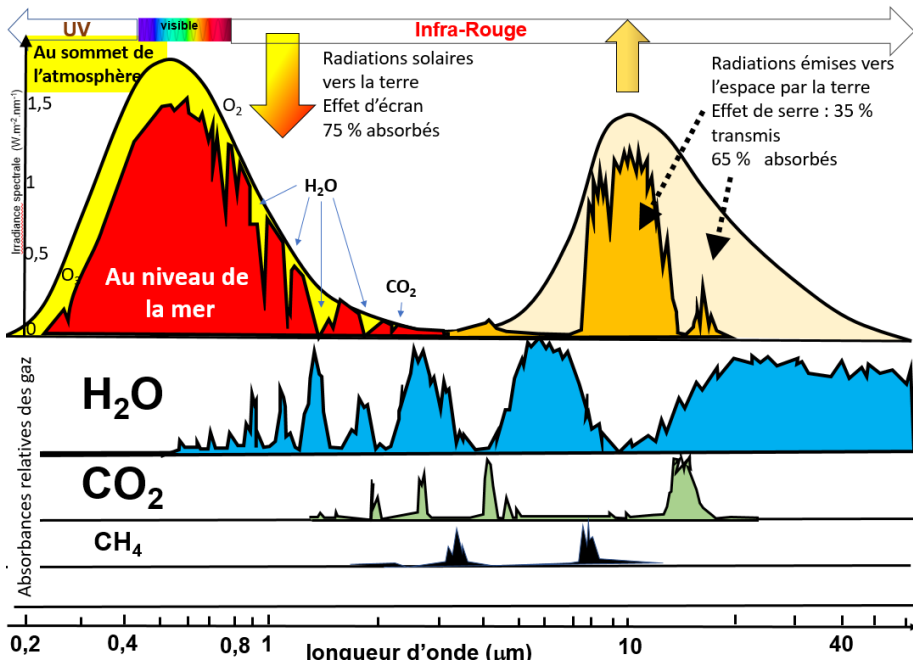


Figure 4. Energie radiative émise par le soleil, reçue par la terre et réémise vers l'espace. Rôles de la vapeur d'eau, du CO_2 et du CH_4 .

3.3. Réchauffement climatique et CO_2 .

C'est en 1824 que Jean-Baptiste Fourier a émis, par calcul, l'hypothèse du rôle du CO_2 dans l'effet de serre. Le GIEC qui cherchait un coupable pour satisfaire les politiques l'avait trouvé. Dès lors, haro sur ce gaz. Ainsi, selon le GIEC (Groupement Intergouvernemental pour l'Etude du Climat), dépendant de l'ONU, il y a corrélation quasi linéaire entre augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère et élévation des températures (figure 5). L'élévation des températures serait par conséquent due à l'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère.

Le Hadley Center du Met Office britannique a dressé l'évolution des températures moyennes depuis 130 ans et le GIEC a extrapolé son évolution selon le scénario A1F1 (figure 5).

Nous constatons : 1. Qu'il y a une augmentation globale des températures de l'ordre de $0,6^\circ\text{C}$ par siècle. 2. Que cette augmentation s'accompagne d'oscillations sinusoïdales de période 60 ans (ce qui est confirmé et admis par nombre de chercheurs). 3. Que dans la phase montante de la sinusoïde, de 1970 à 2000, il y a bien corrélation entre augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère et réchauffement climatique, mais corrélation ne signifie pas obligatoirement causalité. Il peut y avoir d'autres facteurs déterminants. La multi causalité, avec des rétroactions possibles, est à la base de la climatologie, science récente encore imparfaite, car la complexité règne en ce domaine. 4. Que par contre au-delà de l'an 2000, il n'y a plus aucune corrélation CO_2 -température.

De plus l'Observatoire de Mauna Loa, à Hawaï, dépendant de la NOAA (Administration Nationale des Océans et de l'Atmosphère, USA) a montré que ce sont les températures qui pilotent les variations de CO_2 , par dégazage des océans, et non l'inverse ; les pics de CO_2 suivent de quelques mois les pics de température.

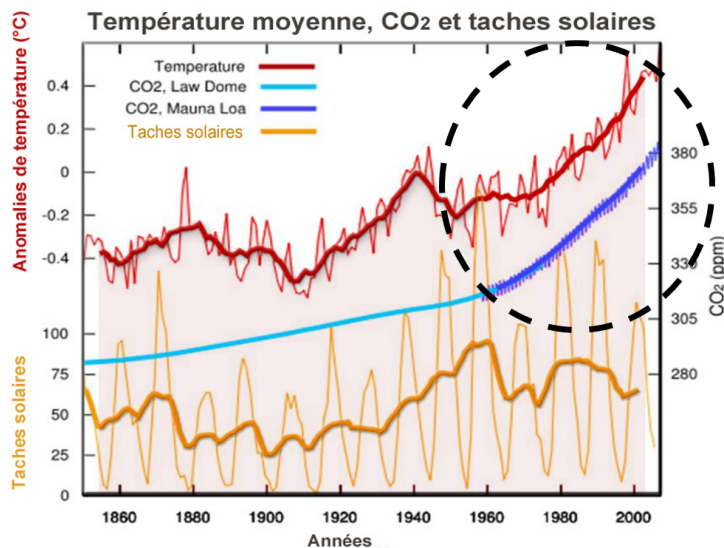


Figure 5. Evolution de la température et du taux de CO₂

Notons au passage que le scénario A1F1 du GIEC, par extrapolation en continu linéaire de la phase montante de la sinusoïde, donnait des prévisions d'augmentation de la température moyenne sans rapport avec la réalité.

Le CO₂ agit sur la température par son effet de serre. Il faut donc en dire deux mots. Qu'est-ce que l'effet de serre ? L'énergie solaire nous arrive sous la forme de rayonnements électromagnétiques. Après traversée de l'atmosphère, ils sont absorbés par la surface de la Terre qui se réchauffe et, de ce fait, réémet un rayonnement thermique infra rouge. Ce rayonnement est partiellement absorbé par certains gaz de l'atmosphère, les gaz à effet de serre ; il se partage, une partie vers l'espace (de l'ordre de 60 %), une partie vers la Terre (de l'ordre de 40 %) qu'il réchauffe. C'est l'effet de serre.

Sans lui, la température moyenne de la Terre, qui est actuellement de 15° Celsius, serait de l'ordre de moins 18°, avec d'énormes variations entre le jour et la nuit. La vie serait impossible, ou du moins sans aucun rapport avec celle que nous connaissons. Cet effet de serre, qui permet la vie, serait aujourd'hui amplifié par les rejets anthropiques de gaz à effet de serre.

La concentration des gaz de notre atmosphère est, en moyennes annuelles globales : azote 75.8 %, oxygène 20.3 %, vapeur d'eau 2.95 %, CO₂ 0,04 %, méthane CH₄ 1,7 par million, protoxyde d'azote N₂O 0,311 par million, fréons 0,71 par billion, tous ces chiffres n'ayant qu'une valeur approchée, tant sont grandes les variations dans le temps et dans l'espace, surtout pour la vapeur d'eau. Les vents brassent et homogénéisent, autant que faire se peut, notre atmosphère.

L'azote et l'oxygène sont tous deux neutres pour l'effet de serre. Quant aux gaz rares, ils sont à l'état de traces et ne représentent guère au total que 2 par million de notre atmosphère.

Nous ne nous intéresserons donc qu'aux deux seuls gaz qui en pratique génèrent l'effet de serre, la vapeur d'eau et le CO₂.

Les effets d'écran et de serre sont principalement dus à H₂O et à un degré bien moindre au CO₂. Selon le physicien François Gervais, qui a dirigé un laboratoire CNRS de thermodynamique, avec le CO₂ à sa concentration actuelle dans l'atmosphère,

aux longueurs d'onde considérées, l'absorption du rayonnement IR est totale. Une augmentation de concentration de ces gaz ne conduira pas alors à une augmentation proportionnelle de l'absorption (la relation n'est pas linéaire). Ainsi le doublement du CO_2 de 350 ppmv à 700 ppmv ne conduira qu'à un apport d'énergie supplémentaire de 4 W.m^{-2} alors que l'effet actuel, qui correspond à un passage de 0 ppmv à 350 ppmv, est d'environ 50 W.m^{-2} .

Ceci explique aussi que des constituants moins abondants comme le méthane (1,8 ppmv), l'ozone (0,04 ppmv) ou les CFC (0,003 ppmv) puissent *in fine* jouer un rôle relatif important dans l'effet de serre additionnel dans la mesure où leurs bandes d'absorption sont situées à des longueurs d'onde différentes de celles de H_2O et CO_2 .

Et de plus on connaît très mal, donc on néglige, l'impact global des nuages qui est très loin d'être négligeable. Il serait, selon de nombreux chercheurs, le plus important contributeur aux effets de « couverture et de serre ».

On ne peut que conclure que l'eau (ennuagement) et la vapeur d'eau sont les pilotes essentiels de l'effet de serre, le CO_2 et ses variations n'ayant qu'un rôle secondaire.

La Terre a d'ailleurs connu dans le passé des concentrations de CO_2 20 à 25 fois supérieures aux valeurs actuelles, sans emballements climatiques constatés. Ajoutons qu'on parle du CO_2 , mais qu'on parle peu d'autres gaz à effet de serre rejetés par l'homme. Nous ne citerons qu'un seul exemple. Les CFC (chlorofluocarbures), fluides utilisés par les réfrigérateurs et climatiseurs, étaient responsables du fameux trou dans la couche de l'ozone. On les a pratiquement supprimés, ce qui est très bien, mais on les a remplacés par les HFC (hydrofluocarbures), qui ont un effet de serre exceptionnel. Une seule molécule de HFC aurait 3 000 fois plus d'effet qu'une molécule de CO_2 ; et le rejet de ces gaz aurait une très forte croissance de l'ordre de 10 à 15 % par an (rapport de l'OAK Ridge National Laboratory du Département de l'Energie Américaine).

Au terme de ce chapitre nous voyons que d'éminents scientifiques constatent que l'augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère n'a qu'une influence marginale sur le réchauffement climatique, et par contre une influence très positive sur la production de biomasse végétale.

Comment expliquer leur divergence avec le GIEC et la prééminence de la position du GIEC dans l'opinion ? Il ne s'agit pas de polémiquer, mais de constater des faits.

Les écologistes ont investi progressivement, depuis bien des années, l'ONU et surtout le GIEC. Le GIEC est composé d'experts (encore faudrait-il distinguer « experts » et chercheurs), mais aussi d'administratifs, de politiques, et d'ONG écologiques. Les « résumés à l'intention des décideurs », seuls lus par les instances internationales, les politiques et les médias, sont discutés et votés à la majorité, ce qui est pour le moins original en matière scientifique. Les écologistes, en majorité au GIEC, ont fait de la lutte contre le CO_2 leur cheval de bataille. Ils sont relayés par l'ensemble des médias. Les gouvernements suivent pour des raisons électoralistes. Cette pensée unique est à la base de toutes les réunions internationales sur le climat, d'une politique de transition énergétique mal fondée et ruineuse, de réglementations pénalisantes, basées sur la nocivité du carbone.

Conformisme, dogmatisme, pensée unique sévissent, même dans des secteurs de la recherche. Pour Richard Lindzen, titulaire de la chaire de météorologie du prestigieux MIT (Massachusetts Institute of Technology, Harvard, USA) « il est devenu difficile voire impossible de publier des conclusions qui vont à l'encontre du

réchauffement climatique d'origine anthropique dans certaines revues scientifiques ». C'est le problème des comités de lecture que certains d'entre vous doivent bien connaître.

Il est temps que la « bulle du CO₂ » crève et qu'il y ait une refondation des mouvements écologistes.

4. Considérations générales sur le climat.

Dans nos deux premiers chapitres nous avons abordé des éléments essentiels du déterminisme du climat. Il nous a paru logique de compléter notre exposé par quelques considérations, générales et rapides, sur ce sujet devenu récurrent pour les journalistes ; ils privilégient les thèses catastrophiques (qui se vendent mieux...).

L'homme a peut-être une part de responsabilité, mais il a l'incroyable prétention de penser pouvoir réguler le climat, avec des objectifs chiffrés de variation de température. Il oublie que nous sommes sous la dépendance totale du soleil, et de ses humeurs. Les ordres de grandeur situent le niveau du problème

L'infime part de l'énergie solaire qui tombe sur la Terre, c'est 10 000 fois l'énergie de toutes nos centrales et barrages de production d'électricité. Au printemps 2010 l'éruption du volcan islandais Eyjafjöll a dégagé une énergie équivalente à 75 000 bombes d'Hiroshima ; celle du Pinatubo en 1991 était 100 fois plus puissante ; celle du Tambora en 1815, 1000 fois plus. Cela situe les forces de la nature par rapport à celles de l'homme.

Un volumineux rapport, publié en juin 2009 par 37 spécialistes de 15 nationalités, « Climate Change Reconsidered », conclut, en s'appuyant sur des milliers de références scientifiques, que « les causes anthropiques du réchauffement climatique sont marginales par rapport aux causes naturelles ».

Le soleil a déterminé toutes les évolutions passées du climat par ses variations d'activité et ses variations de position par rapport à la Terre. Nous sommes dans une période inter-glaciaire, heureusement !, et notre planète devrait entrer en période de glaciation dans quelques.... 7 000 ans (figure 3).

Au cours des deux derniers millénaires l'évolution de la température représentée sur la figure 3 nous montre qu'elles sont pratiquement du même ordre de grandeur en l'an 0 et en l'an 2000, mais on observe des pseudo-périodes de l'ordre de quelques siècles : période froide au tout début du Moyen Age, puis période chaude du XII^e au XIV^e siècle (l'optimum climatique médiéval au cours duquel le Groenland était « Greenland », la terre verte), puis petit âge glaciaire du XVI^e au XVIII^e siècle (le vin glaçait dans les carafes à Versailles, et rappelez-vous dans les tableaux de Breughel les petits patineurs sur les canaux gelés des Pays Bas). Et depuis le XIX^e siècle la température remonte, de l'ordre de 0,5 à 0,6 degré par siècle, rythmée par de légères variations sinusoïdales, de période 60 ans (figure 3), correspondant aux mouvements du soleil par rapport au centre de gravité du système solaire (Hardley Center du Met Office Britannique). Il y aurait également une corrélation entre cycles des taches solaires et températures.

Qu'en sera-t-il du futur ?

La science progresse par modèles représentatifs successifs. En climatologie les modèles mathématiques se succèdent sans donner pour l'instant satisfaction ; c'est normal étant donné la complexité des facteurs du climat, la difficulté de les chiffrer (action des nuages) et leurs multiples rétroactions. On est en présence de systèmes chaotiques et non linéaires qui ne permettent pas la prédiction du climat futur. Avec William Gray, Akasofu, Lovelock et bien d'autres climatologues, nous pensons que la

seule méthode logique de prévision du climat à moyen terme est de la déduire de son évolution passée. La stabilité du système solaire, dont on connaît les mécanismes, nous garantit une certaine continuité du climat, continuité qui peut être perturbée, accessoirement, par l'évolution imprévisible des taches solaires ou de très puissantes éruptions volcaniques.

Quelles que soient les réserves que l'on puisse formuler sur les valeurs des températures moyennes utilisées, et elles sont nombreuses, nous constatons sur la figure 3 du Hartley Center une augmentation de l'ordre de $0,8^{\circ}\text{C}$ de 1880 à 1998, soit une augmentation de l'ordre de $0,6^{\circ}\text{C}$ par siècle, ce qui est très minime à l'échelle humaine. Parallèlement, pendant la même période, le niveau moyen des océans serait monté de 18 cm par siècle selon l'OISM, avec toutes les réserves qui s'imposent (grandeurs à mesurer très faibles, côtes qui peuvent bouger vers le haut ou vers le bas au cours du temps, surtout dans les deltas récents).

Ces moyennes recouvrent des variations locales importantes. Le réchauffement est plus marqué dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud. Ce n'est pas un hasard : c'est sur l'hémisphère Nord que se trouve la majorité des terres émergées et de la population du globe. Ces disparités sont extrêmes aux pôles : il fait nettement plus chaud au pôle Nord, un peu plus froid au pôle Sud (figure 6), variation de l'étendue des banquises de 1980 à 2015, due au professeur de météorologie Ole Humlum, du NSIDC (National Snowland Ice Data Center).

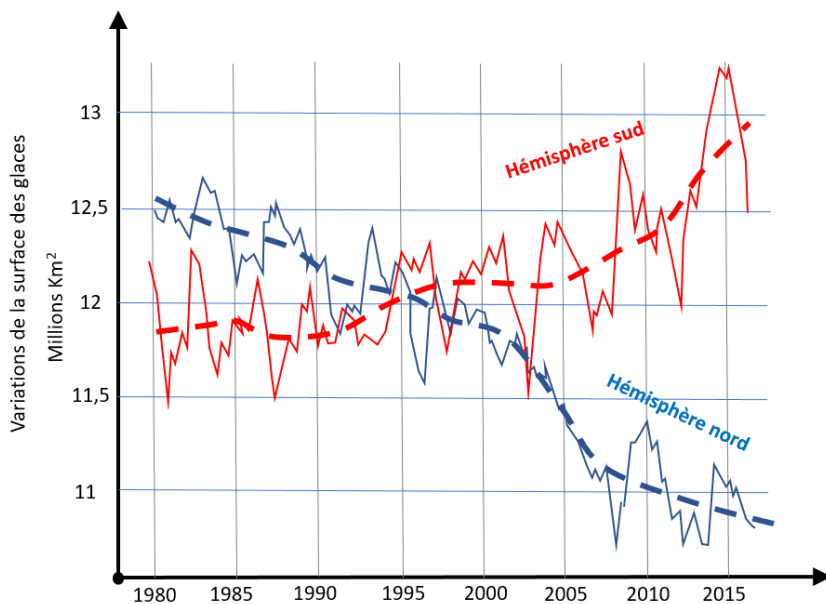


Figure 6. Evolution de la surface des banquises depuis 1980

Ce réchauffement n'est pas linéaire. Si nous observons les ondulations sinusoïdales de période 60 ans de la figure 3, nous constatons que nous sommes au sommet de la sinusoïde (il y a quasi stagnation des températures depuis le pic de 1998) et que nous abordons une phase descendante. Aurons-nous de prochaines années moins chaudes ou même plus fraîches jusque vers 2030-2040 ? Ce n'est pas impossible au regard des oscillations des températures moyennes des 130 dernières années, et ce d'autant plus qu'au cours des 10 prochaines années le cycle des taches solaires (liées à

l'activité du soleil) est annoncé très faible par Solar Science de la NASA. Donc ce n'est pas impossible, mais dans le cadre général de la légère remontée des températures que nous suggère la courbe de Hardley Center (figure 3).

Nous retenons de ces considérations que les prévisions d'évolutions futures sont très risquées, mais qu'il est cependant probable qu'à moyen terme les températures moyennes vont continuer à évoluer comme nous l'observons depuis deux siècles : augmentation modérée avec de légères oscillations sinusoïdales et peut-être amortissement progressif s'il s'agit bien d'un rattrapage depuis le petit âge glaciaire des XV¹¹^e et XVIII^e siècles (figure 3).

Les influences anthropiques, si marginales soient-elles, ne sont pas négligeables et risquent d'augmenter avec la démographie à croissance exponentielle et la puissance d'intervention décuplée de l'homme. L'effet de serre du CO₂, nous l'avons vu, est pratiquement saturé ; néanmoins il est indispensable de se préoccuper des HCF (hydrofluocarbures) ou d'autres facteurs dont on a mésestimé l'importance.

Quant à la pollution croissante de l'air, son influence est bien plus grave sur la santé et sur l'agrément de vie que sur le climat, influence qui ne peut se traduire que par des variations probablement peu significatives de la température

Valérie Pécresse, qui fut Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, était étonnée, choquée par les divergences entre le GIEC et de nombreux scientifiques. Le 1^{er} avril 2010, elle a demandé à l'Académie des Sciences d'« organiser...un débat scientifique approfondi... et d'établir l'état actuel des connaissances scientifiques sur le changement climatique ». Après réunions et discussions, l'Académie des Sciences a répondu le 20 octobre 2010, avec quelques réticences nous semble-t-il, par un rapport de 12 pages. Ce rapport, moins médiatisé que ceux du GIEC, est très prudent ; il ne remet pas en cause l'action du CO₂ sur le réchauffement climatique mais il corrige les hypothèses exagérées et catastrophiques véhiculées par les médias ; il prévoit une augmentation des températures moyennes de 0,46 degrés Celsius en 2100, soit 4 à 10 fois moins que les diverses prévisions du GIEC.

Conclusion.

Le mal-aimé CO₂ ne mérite pas le procès qu'on lui fait.

Il ne s'agit pas aujourd'hui d'être climato-alarmistes ou climato-sceptiques mais plutôt d'être climato-pragmatiques en constatant tout simplement les évolutions du climat et l'action marginale du CO₂.

Retenons surtout que la nature est plus forte que l'homme, qu'il faut la respecter en essayant de mieux connaître ses lois, qu'elle a, à son rythme, une étonnante puissance de réactivité (rétablissement des équilibres) ; il ne faut pas dilapider ses ressources, ses énergies fossiles, ses sols qui se dégradent dangereusement, si nous voulons laisser un monde vivable à nos enfants. Il faut également lutter contre la pollution atmosphérique qui perturbe profondément la vie de nos mégapoles, et contrôler l'action des différents gaz à effet de serre.

Pour relativiser l'« échauffement » médiatique actuel, que l'ex professeur au M.I.T. Rémy Prud'homme qualifie de « réchauffisme », n'oublions pas que dans l'histoire de l'humanité les âges sombres ont coïncidé avec les périodes froides.

Laissons le dernier mot à Aristote :

« L'ignorant affirme, le savant doute, le sage réfléchit »

QUELQUES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES GÉNÉRALES

- Arrhenius S. A. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 5, n° 41, avril 1896, 237-276.
- Bard E. Climat énergie et société, le Collège de France et la COP 21 exposé présenté au Colloque organisé par E. Bard le 9 novembre 2015
- Bard E. Climate change, the physical science basis. Contribution to the fifth assessment of the intergovernmental panel on climate change, Working group 1. 2013, 2014
- Bond, G. et col., "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene". *Science*, 2001, **294** (5549): 2130–6
- Cambre J., Le changement climatique est-il d'origine humaine ? Novis-Phebe Editions. Collection Enjeux pour 2050. 2011, 210 p
- Coutterand, S. et Jouty S., Glaciers, mémoire de la planète Editions Hêbeke Paris Book Partners Ltd. 2012, 218 pp
- Déclaration de Mainau sur le changement climatique, Mainau Island, Germany, 3 juillet 2015
- Géli H., et J.F.Soussama. Le changement climatique, ce qui va changer dans mon quotidien. Ed. Quae, 2015, 163
- Gervais F. L'innocence du carbone, l'effet de serre remis en question. Albin Michel Ed, 2013
- Lecomte P., Initiative sur le changement climatique. Conférence Spatiale, Université de Montpellier, 2 mars 2017
- Milankovitch, M.. Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire Gauthiers-Villar Ed Paris, 1920, 163 pp
- Rittaud B. Le mythe climatique. Science ouverte, 2010, Seuil Ed
- Shakun J.D., Clark P.U., Marcott, S.A., Mix A.C., Zengyu Lin, Ottebliesner B., Schmitter A. and E. Bard. Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the the last deglaciation. *Nature*, 2012, 484 49-54
- Tremillon B., Le changement climatique : où est la vérité ? Bures sur Yvette 25 novembre 2015