

LES PROPHÈTES DE L'ÉTÉ CARBONIQUE

*Après avoir annoncé
l'imminence de la
prochaine glaciation,
des spécialistes*

*du climat président un réchauffement
catastrophique: le taux de gaz carbonique dans
l'air ne cesse de monter, aggravant l'effet de
serre. Responsable : l'homme, qui brûle du pétrole,
du gaz, du charbon et du bois. Mais quel crédit
peut-on accorder à cette nouvelle prophétie ?*

DOSSIER

Les ordinateurs sont désormais formels : la Terre va se réchauffer, elle se réchauffe déjà. En libérant chaque année dans l'atmosphère des milliards de tonnes de gaz carbonique et d'autres gaz à "effet de serre", l'homme est en train de modifier le climat. Les calottes polaires vont se rétrécir, la mer va monter. A terme, nos régions tempérées deviendront tropicales et nos arrière-petits enfants vivront dans l'air moite que respiraient les dinosaures.

Cette prédiction n'est pas nouvelle. C'est en 1938 que G.S. Callendar établit pour la première fois que la concentration de l'atmosphère en CO_2 augmentait, et suggéra du même coup que le climat de la terre pourrait en être affecté. En 1958, C.D. Keeling mit en place le système de mesures de la station de Mauna Loa, à Hawaï, qui n'a cessé depuis lors de confirmer la hausse inexorable : plus de 9 % en 27 ans (dessin 23).

Depuis lors, les avertissements se sont succédé, plus ou moins alarmistes. En 1979, *Science & Vie* rapportait que l'on pouvait s'attendre pour 2050 à un doublement de la teneur de l'atmosphère en gaz

carbonique par rapport aux débuts de l'ère industrielle. Ce doublement devait entraîner une hausse de la température moyenne de 2 à 3°C à nos latitudes tempérées, de plus de 10° aux pôles. Nous citons les calculs de l'Américain William Kellogg, pour qui ce réchauffement devait provoquer la fonte quasi complète des calottes glaciaires et une élévation de 80 m du niveau de la mer. Par gros temps, les vagues viendraient lécher le premier étage de la tour Eiffel !

Même exprimée avec prudence et modération, cette thèse ne recevait cependant les suffrages que d'une minorité de climatologues. Dans les années 70, il était fait davantage de publicité à la thèse inverse : c'est un refroidissement généralisé qu'il fallait redouter, peut-être même le passage à une nouvelle ère glaciaire. En 1974, à la réunion annuelle de la vénérable American Association for the Advancement of Science, les climatologues sonnaient l'alarme : la baisse des températures dans les régions tempérées, l'augmentation de la calotte glaciaire arctique et des surfaces d'enneigement dans l'hémisphère nord, l'épuisement des réserves

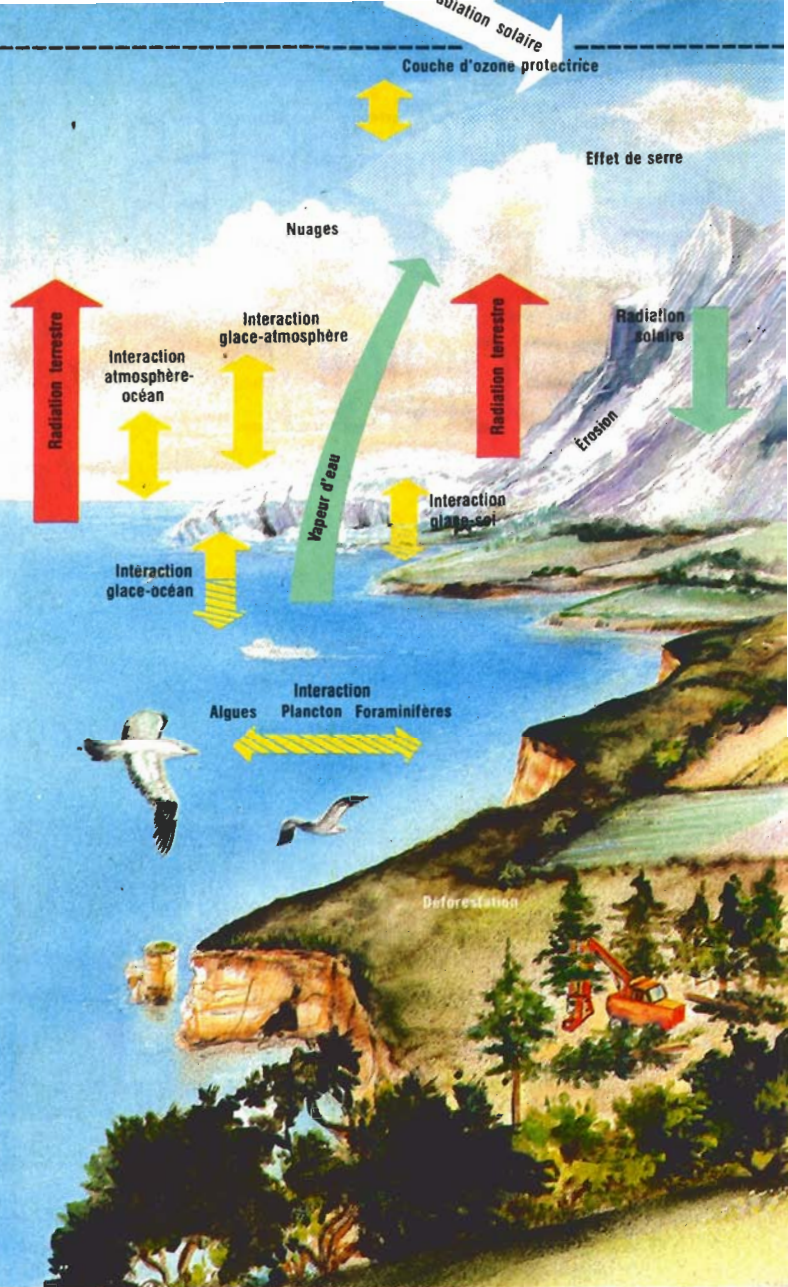
LES ACTEURS DE L'EFFET DE SERRE

L'effet de serre est pour l'essentiel un phénomène naturel. C'est de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge, que la vapeur d'eau, les nuages, le gaz carbonique et d'autres éléments retiennent prisonnière dans la basse atmosphère. Sans l'effet de serre, la Terre serait glacée.

Les principaux acteurs sont le rayonnement solaire, les océans, les végétaux terrestres, des animaux unicellulaires et les volcans. Le rayonnement solaire augmente ou diminue. Les océans produisent des quantités énormes de CO_2 , mais ils en englobent encore davantage. Ils relâchent plus de vapeur d'eau si la température augmente, moins si elle diminue. Les végétaux terrestres absorbent et relâchent aussi bien l'eau que le gaz carbonique. Certains unicellulaires, comme les bactéries terrestres et marines, sont de véritables usines à CO_2 , tandis que d'autres, comme les foraminifères, piègent ce gaz et le transforment en calcaire au fond des océans. Les volcans crachent de la vapeur d'eau et du CO_2 , mais aussi des aérosols qui ont au contraire tendance à refroidir l'atmosphère.

Tout bouge, tout interagit : le soleil, les nuages, les glaces, les sols, l'océan, le feu, la pluie, la neige, la végétation, le plancton, les bactéries, les plaques continentales, les volcans et même l'homme.

Ce nouvel acteur contribue à l'effet de serre en injectant dans l'atmosphère des quantités supplémentaires de CO_2 , de méthane (CH_4), d'oxyde d'azote (N_2O) et des gaz de synthèse, les chlorocarbones (CFC). Le méthane d'origine humaine est produit par les ruminants et les rizières



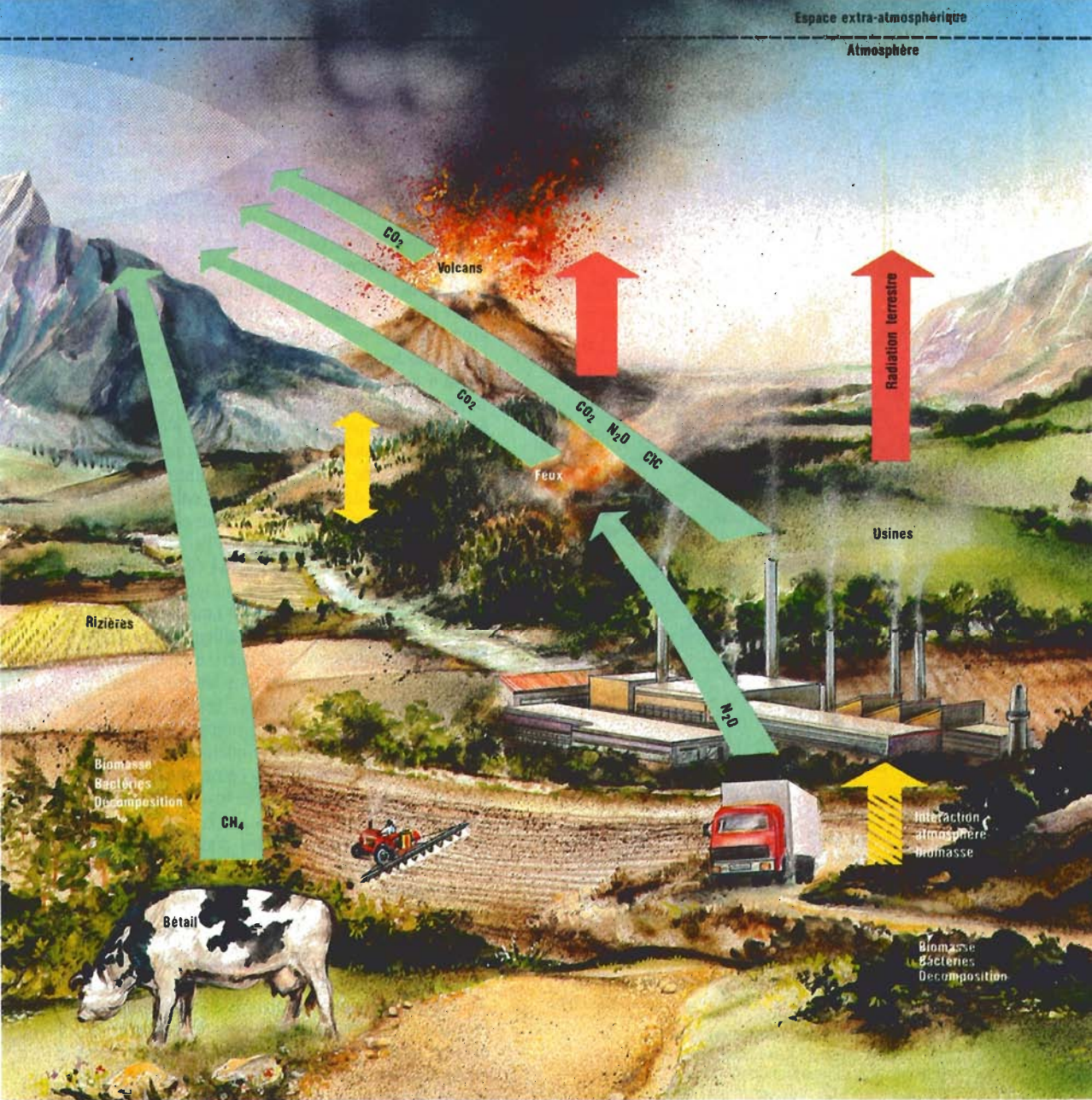
céréalières mondiales et la sécheresse du Sahel, autant de signes qui ne pouvaient tromper.

L'année suivante, un rapport de l'Académie américaine des sciences insistait sur un argument frappant : « Le présent intervalle glaciaire, qui dure depuis quelque 10 000 ans, représente un régime climatique relativement rare au regard des derniers millions d'années. Le dernier âge interglaciaire commença voici 125 000 ans et dura environ 10 000 ans. Les interglaciaires précédents ont chacun duré 8 000 à 12 000 ans. Quand l'interglaciaire actuel prendra-t-il fin ? »

Dix ans plus tard le discours dominant a changé

du tout au tout. Le document de référence est un rapport en six forts volumes, publié par le département américain de l'Energie. Etabli par plus de 70 scientifiques de 5 nationalités, il a été revu par 300 spécialistes de 23 pays désignés par cette même American Association for the Advancement of Science qui cautionnait voici dix ans la thèse du refroidissement.

Entièrement consacré au problème du CO_2 , le rapport conclut que « pour la première fois dans l'histoire de la planète, l'homme est en train de changer son environnement climatique ». En effet, « l'immense accroissement de la production

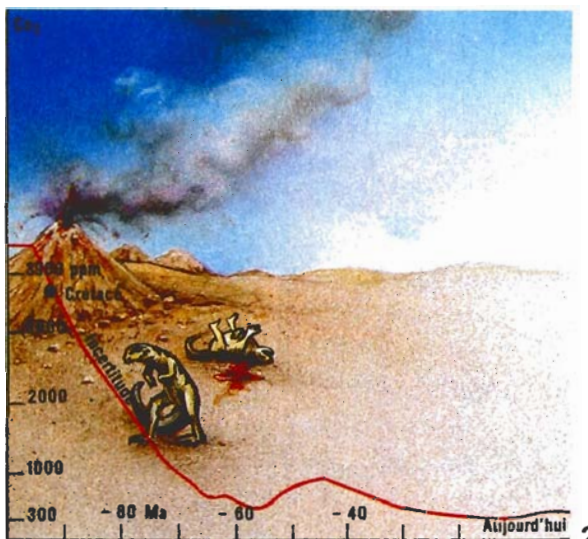
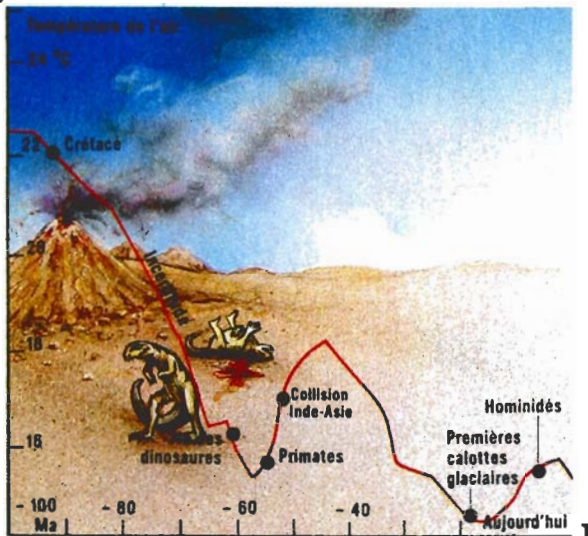


d'énergie modifie la couche de gaz qui constitue l'atmosphère de la terre et contrôle le climat ». La teneur de l'atmosphère en CO_2 , qui est passée de 280 ppm (parts par million) en 1800 à 345 ppm aujourd'hui (soit une augmentation proche du quart), devrait atteindre 560 ppm avant la fin du siècle prochain (donc un doublement par rapport à 1800).

La terre n'a pas connu un tel niveau depuis 40 millions d'années. Les températures s'élèveraient de 4°C , atteignant un niveau jamais atteint depuis 80 millions d'années (dessin 2). La fonte des glaces polaires fera monter le niveau de la mer de 5 à 6

mètres. Le régime des pluies sera perturbé, avec sans doute un fort accroissement dans les régions tempérées et froides. La carte agricole du monde s'en trouvera bouleversée, la chaîne alimentaire perturbée, et ainsi de suite.

Certains augures considèrent que ce processus sera plus rapide que ne le prévoit le rapport. Pour James E. Hansen, de la NASA, les températures moyennes pourraient s'élever de 3°C entre 1990 et 2010, ce qui nous ramènerait 40 millions d'années en arrière en moins d'un quart de siècle (dessin 1). Pour Andrew Maguire, vice-président du World Resources Institute, de Washington, une augmenta-



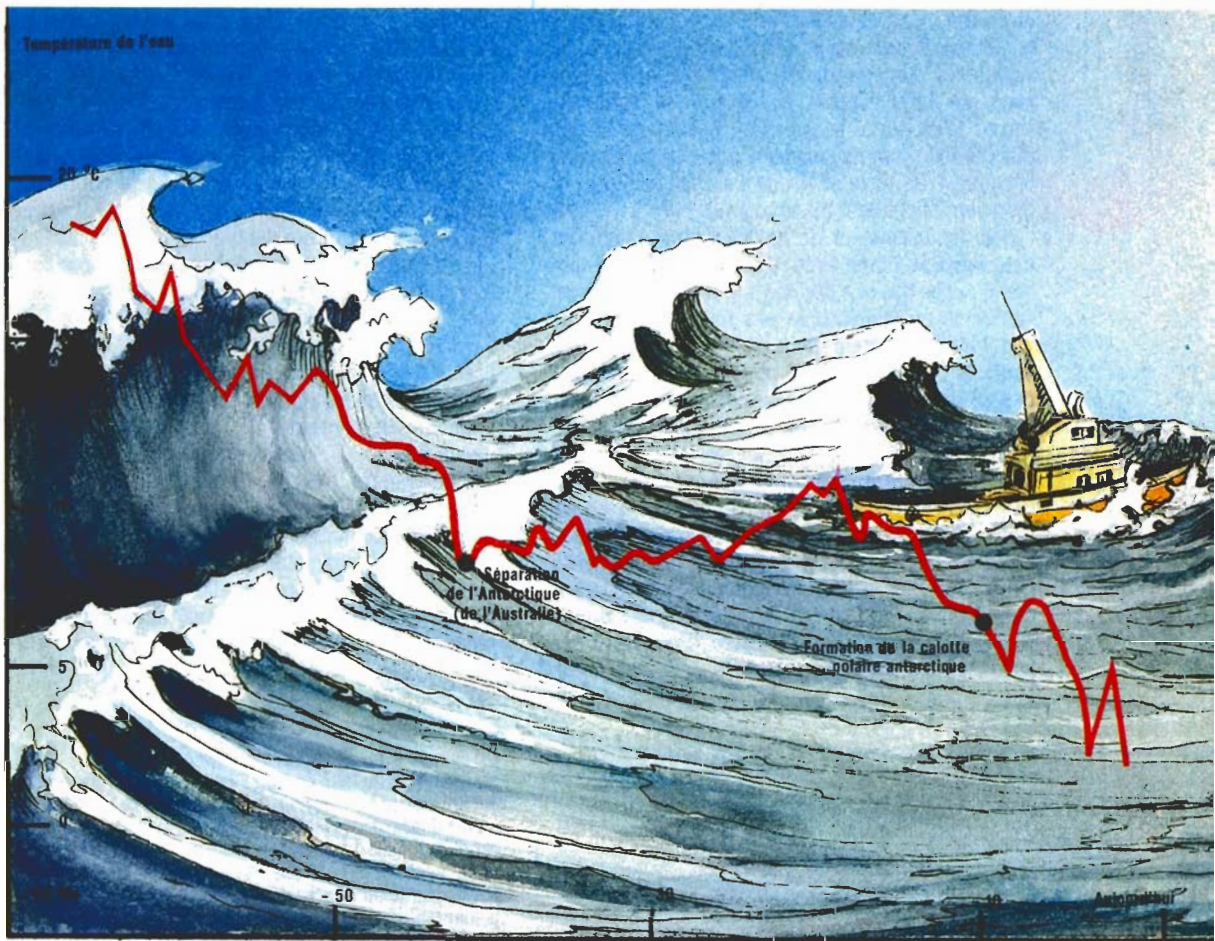
A la belle époque des dinosaures (crétacé), l'air est plus chaud (1), les pôles sont libres de glace, et la concentration de CO_2 est douze fois plus élevée (2) qu'aujourd'hui. Raison invoquée pour expliquer cette situation climatique : une intense activité volcanique. La fin des dinosaures correspond à la fois à une baisse des températures et à une diminution du CO_2 . Mais laquelle précède l'autre ? Noter qu'entre - 55 et - 45 millions d'années, un doublement de la concentration de CO_2 correspond à une hausse de la température moyenne de 3°C . Mais le degré d'incertitude est considérable (facteur 2 ou davantage). Ces courbes sont obtenues par ordinateur, à l'aide de modèles intégrant de nombreuses données géochimiques : analyse de sédiments profonds prélevés par forage, témoignages de l'avancée et du recul des mers et des glaces, indices de l'activité volcanique.

tion de 4° ou même $4,5^\circ\text{C}$ pourrait être atteinte dès 2030. Ces deux personnalités ont présenté en juin dernier leurs conclusions au Sénat américain. Le sénateur John H. Chafee a demandé que la question soit soulevée lors du prochain sommet Reagan-Gorbatchev.

Que s'est-il donc passé depuis dix ans, pour que le discours dominant se soit à ce point inversé ? D'abord la tendance au refroidissement de l'hémisphère nord qui avait marqué les décennies 60 et 70 a été remplacée par une tendance au réchauffement, et ce dans les deux hémisphères (dessins 13 et 14). De là à conclure que les climatologues se laissent influencer par la conjoncture, il n'y a qu'un pas... Ensuite, on a découvert que le CO_2 n'était pas le seul gaz produit par l'homme qui contribue à accroître l'effet de serre. On sait maintenant que le méthane, l'oxyde d'azote et les chlorocarbones s'accumulent eux aussi dans l'atmosphère et (dessins 20, 21 et 22) l'on pense que l'effet cumulé de ces autres gaz équivaut à celui du CO_2 : le problème est donc deux fois plus important qu'on ne pouvait l'imaginer voici dix ans. Enfin, le nombre de laboratoires et de chercheurs qui travaillent de près ou de loin sur l'effet de serre s'est accru à un rythme qui dépasse largement celui de tous les gaz réunis...

Rappelons que l'expression imagée "effet de serre" désigne un phénomène précis. L'atmosphère terrestre reçoit une certaine quantité de rayonnement solaire. Environ 30 % de ce rayonnement sont réfléchis, donc directement renvoyés dans l'espace extra-atmosphérique par les nuages, la poussière atmosphérique, les molécules d'air et enfin certaines parties de la surface de la terre, notamment les étendues neigeuses : c'est ce qu'on appelle l'albedo. Les 70 % restants sont absorbés par la surface des océans et des continents (50 % du rayonnement solaire total), et dans une moindre mesure par la vapeur d'eau, les aérosols, l'ozone et les nuages. Cette énergie absorbée est réémise vers l'espace extra-atmosphérique sous forme de rayonnement infrarouge. Une partie de ce rayonnement infrarouge est cependant arrêtée en cours de route, absorbée à nouveau par les nuages, la vapeur d'eau, et dans une moindre mesure le gaz carbonique et l'ozone.

C'est cette réabsorption qui provoque l'effet de serre : les nuages, la vapeur d'eau, le gaz carbonique, etc. réémettent à leur tour un flux d'énergie infrarouge dont une partie revient sur Terre, pour être ensuite renvoyée dans l'atmosphère, et ainsi de suite. La température à la surface de la Terre est déterminée par la quantité d'énergie infrarouge ainsi recyclée. On estime que l'effet de serre naturel assure un gain de 30°C à la température moyenne de la Terre. Si l'effet de serre était supprimé, cette température moyenne, qui est aujourd'hui de 15°C , serait de -15° . Inversement, si l'un des composants



La mer est beaucoup plus froide aujourd'hui qu'à l'époque de l'extinction des dinosaures, il y a 70 millions d'années. Fait surprenant : la forte remontée des températures de l'air observée vers - 50 millions d'années (**voir 1**) ne se retrouve pas dans la température de l'eau. De même, le minimum de température de l'air enregistré vers - 20 millions d'années ne correspond pas à un minimum de température de l'eau. Cette courbe (3) provient de l'analyse de la composition isotopique de l'oxygène dans des coquilles fossilisées ramenées par forage dans le sous-sol du Pacifique Sud.

3

atmosphériques qui assurent le recyclage de l'énergie infrarouge augmente de volume l'effet de serre doit logiquement s'accroître et la Terre se réchauffer.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, le principal agent de l'effet de serre n'est pas le CO_2 , mais l'eau, sous forme de vapeur d'eau ou de nuages (qui sont des gouttelettes d'eau ou de cristaux de neige ou de glace). Le gaz carbonique ne représente que 0,035 % (345 ppm) du volume de l'atmosphère "sèche", c'est-à-dire dont on a arbitrairement soustrait les nuages et la vapeur d'eau (les principaux constituants de l'air "sec" sont l'azote, l'oxygène et l'argon).

La quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est aussi variable que mal connue,

mais elle est beaucoup plus importante que celle du CO_2 . Elle peut monter jusqu'à 4 % du volume dans la basse atmosphère équatoriale. En outre, elle absorbe et réémet le rayonnement infrarouge sur une plus grande plage de longueurs d'ondes que le CO_2 (de 12 à 18 μ , alors que le CO_2 absorbe essentiellement autour de 15 μ). C'est dire que le rôle de la vapeur d'eau dans l'effet de serre dépasse celui du CO_2 d'un ou deux ordres de grandeur. Quant aux nuages, qui couvrent la moitié de la surface de la Terre, leur structure est tellement complexe et changeante que leur rôle dans l'effet de serre, reconnu essentiel, échappe pour l'instant à toute possibilité de mesure et de modélisation.

Cela ne signifie pas que le CO_2 joue un rôle négligeable. Avec ses maigres 345 ppm, il est peut-

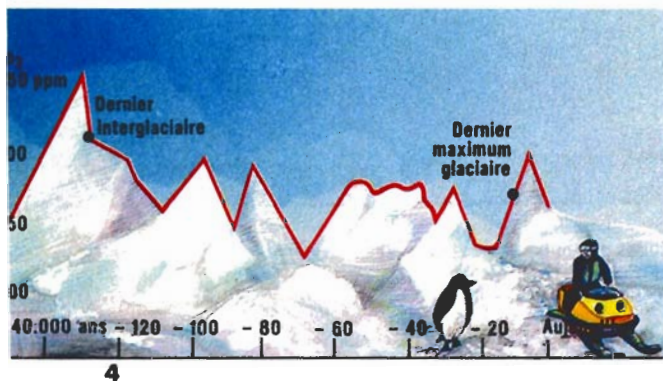
être aussi indispensable à l'effet de serre qu'il l'est à la photosynthèse. Sans CO_2 , il n'y aurait pas de végétation, donc pas de vie. Mais comment évaluer avec précision l'impact de ce gaz sur l'effet de serre ? C'est toute la question. Est-il possible de dire : à 400 ppm nous aurons telle température, à 500 ppm, telle autre ? Les cris d'alarme poussés par les scientifiques se fondent aujourd'hui sur la résolution par ordinateur de modèles atmosphériques extrêmement complexes. Comment être sûr que l'on n'oublie pas une donnée importante ? Qu'on ne surestime ou sous-estime pas toute une série de variables ? Comment peut-on avancer des précisions au dixième de degré près, alors qu'on ne sait pas mesurer, même grossièrement, l'effet de serre, beaucoup plus important, induit par le cycle de l'eau ?

Ces dernières années ont vu le développement de toute une série de techniques nouvelles, permettant d'affiner les mesures et de faire absorber par des ordinateurs sans cesse plus puissants un nombre de données de plus en plus vertigineux. Ces mesures, il faut aller les prendre partout. Au-dessus de l'atmosphère, par satellite. Dans la haute atmosphère par ballon-sonde à diverses altitudes et latitudes. Sur

d'un lien de cause à effet entre une variation du taux de CO_2 et une variation de température à l'échelle de la planète. Nous allons voir qu'il n'existe pas de réponse à cette question.

Commençons par aujourd'hui. Il n'existe de mesure régulière et rigoureuse du taux de CO_2 dans l'atmosphère que depuis 1958. C'est la courbe de Mauna Loa, déjà évoquée. Il faut y ajouter d'autres séries de mesures, qui débutèrent un peu plus tard en différents points du globe. Ces mesures font incontestablement état d'une augmentation du taux de CO_2 : 315 à 345 ppm en moyenne, soit + 9,5 % en 28 ans, soit un accroissement moyen annuel de l'ordre d'un peu moins de 3 ppm.

Nous disposons également de mesures fiables pour les températures de la planète dans cette même période. L'examen des courbes de la page 27 ne montre pas de corrélation significative : certes, nous vivons une période de hausse des températures, mais seulement depuis 1975. La décennie précédente était plutôt marquée par une baisse des températures, à telle enseigne, on l'a vu, que la théorie à la mode était alors celle d'un refroidissement annonciateur de la prochaine glaciation.

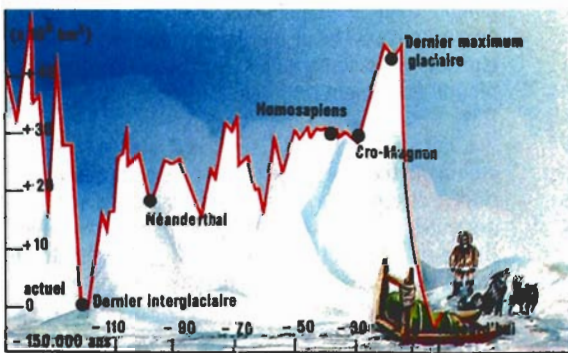
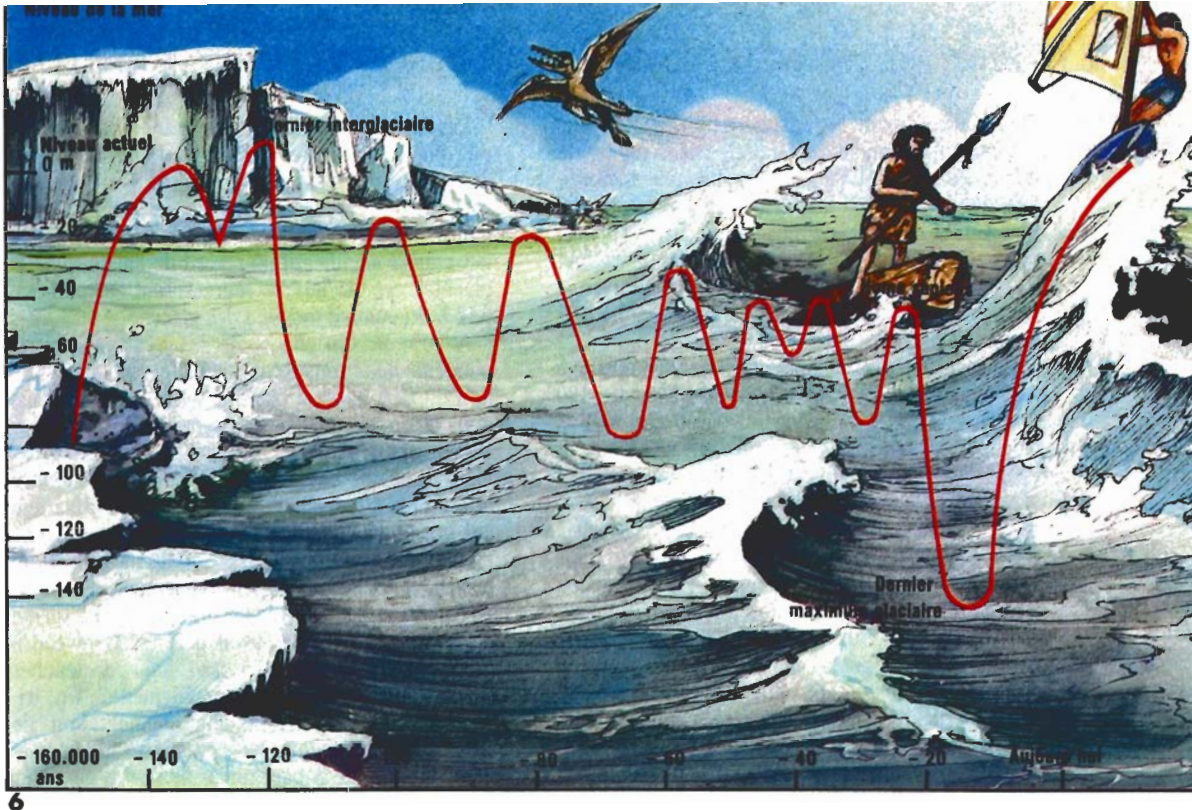


Un changement de climat est-il précédé par une modification du taux de CO_2 ? Le dernier interglaciaire a été précédé par une forte augmentation de ce taux, qui a même dépassé le niveau actuel (4). La suite de la courbe est plus difficile à interpréter, mais on retrouve à peu près, jusque - 60 000 ans, les mêmes dents de scie que sur la courbe du volume des glaces et celle du niveau de la mer (voir 5 et 6). Le dernier maximum glaciaire est précédé par une faible baisse du CO_2 . Le réchauffement qui a permis la fin de cette période glaciaire, entre - 18 000 et - 12 000 ans, s'est produit dans la foulée d'une augmentation du CO_2 . Mais pourquoi le CO_2 a-t-il varié ? Cette courbe a été construite à partir de l'analyse isotopique du carbone contenu dans des sédiments prélevés par forage sous-marin.

le sommet des montagnes et des volcans. Dans les îles perdues du Pacifique. Au pôle Nord et au pôle Sud. Dans les déserts et au cœur de la forêt tropicale. A la surface de la mer, en mille points du globe. Dans les eaux peu profondes et dans les fosses abyssales. Par forage dans la profondeur de la terre, dans l'épaisseur des glaces polaires, et même dans les sédiments enfouis sous l'eau des océans. On conçoit que cette quête soit exaltante, et que la communauté scientifique se mobilise.

Essayons maintenant de voir le crédit que l'on peut attribuer aux résultats qui nous sont présentés. Si l'on se réfère non pas aux modèles, mais à la réalité qu'ils sont censés représenter, le problème se résume à la question de savoir s'il est possible de démontrer l'existence, aujourd'hui ou dans le passé,

On dira qu'il existe peut-être un temps de latence entre l'augmentation du CO_2 et la hausse des températures. Mais comment l'expliquer ? Si la concentration de CO_2 dans l'atmosphère augmente, cela signifie que la composition de l'atmosphère a changé et que les réactions concourant à l'effet de serre ne sont plus exactement les mêmes qu'avant. Il n'existe pas de raison de penser que l'effet ne soit pas quasi immédiat. Supposons néanmoins que l'on puisse expliquer ce temps de latence. La baisse de température des années 65-75 pourrait s'expliquer par une baisse antérieure du taux de CO_2 . Or tout indique que celui-ci croissait. De multiples indices concordants permettent de penser que le taux de CO_2 était d'environ 300 ppm en 1900. Par rapport aux 315 ppm de 1958, cela indique un taux d'aug-



Quand les glaces fondent, la mer monte. Quand la glace s'accumule, la mer descend. Le minimum glaciaire le plus bas (5), voici 120 000 ans, correspond au plus fort maximum marin (6) : c'est le dernier "interglaciaire", époque qui devait beaucoup ressembler à celle que nous vivons actuellement. On voit que l'homme moderne, *Homo sapiens*, est né au beau milieu d'une période glaciaire.

La courbe du volume glaciaire fut établie en analysant la composition isotopique de l'oxygène dans des coquilles fossilisées de foraminifères prélevées dans le sous-sol du Pacifique. Des forages en Méditerranée ont permis d'établir une courbe presque identique.

Le niveau de la mer est calculé en datant des coraux par la décroissance de la radioactivité de l'uranium-ionium ou de l'uranium-thorium 230.

mentation plus faible, mais substantiel. Et la compilation des mesures intermédiaires permet de conclure à une augmentation régulière, sans à-coups notables.

Supposons maintenant que nous vivions non pas en 1986 mais en 1975. Projurons-nous un siècle en arrière, à l'époque où les relevés de températures étaient suffisamment nombreux et précis pour que l'on puisse commencer à tracer la courbe de la température moyenne de l'hémisphère nord (dessin p. 27). Que verrions-nous ? Qu'après quelques variations en plus et en moins, la température moyenne est à peu près celle qu'elle était un siècle plus tôt. On conçoit qu'à cette date (1975) l'augmentation du taux de CO_2 , pourtant bien connue, n'ameutât pas les foules... Même aujourd'hui, en 1986, on peut

s'étonner que la température de l'eau à la surface des mers dans l'hémisphère nord soit exactement la même qu'il y a un siècle.

L'impression diffère si l'on regarde les courbes de température établies pour l'hémisphère sud. En 1975, le climatologue de Valparaíso pouvait considérer à juste titre que la baisse de la température de l'air enregistrée dans les années 60, pourtant plus marquée que dans l'hémisphère sud, n'annulait pas la tendance générale à la hausse observée depuis un siècle. En revanche, la température des mers du Sud se retrouvait elle aussi, miraculeusement, identique à celle de la fin du siècle précédent. Il faut également remarquer que les relevés de température dans l'hémisphère austral sont, pour les premières décennies, beaucoup moins nombreux et

fiables que ceux de l'hémisphère nord.

Quant à l'augmentation relativement rapide du début des années 1980, elle n'est pas plus marquée que de nombreuses variations en hausse ou en baisse des décennies précédentes. Dans l'hémisphère nord, les dernières données connues font d'ailleurs état d'une nouvelle baisse, intervenue après un maximum en 1984 qui n'est pas supérieur à celui de 1940.

Pour résumer, nous pouvons admettre une très légère tendance globale à la hausse pour les 100 dernières années. Très légère, parce que si l'on calculait la moyenne générale on n'obtiendrait guère que 0,2° en plus. Cette différence est-elle significative à l'échelle d'un siècle ? Pour le problème qui nous occupe, la réponse est non. Certes, on ne dispose pas de courbes de températures pour les siècles précédents : les données que nous avons pour la période historique sont à la fois très localisées (Europe) et fort imprécises. Mais un faisceau d'indices convergents permet de reconstituer grosso modo l'histoire du climat de notre péninsule asiatique depuis l'époque de la Grèce antique. Nous savons qu'il y eut des "âges chauds" et des "âges froids", qui durèrent chacun plusieurs centaines d'années (dessin 9). Mais il ne semble pas que la température moyenne qui caractérisait par exemple ce qu'on appelle par abus de langage le "petit âge glaciaire" diffèrait de plus de 1°C par rapport à la période précédente et à la période suivante. C'est dire que l'augmentation moyenne de 0,2° que l'on observe depuis 100 ans n'a rien d'atypique. Compte tenu des moyens d'analyse dont nous disposons, il est pour l'instant impossible d'affirmer que l'augmentation du taux de CO₂ dans l'air (25 % depuis les débuts de l'ère industrielle) a entraîné la moindre variation de température.

En bonne logique, il n'existe pas non plus de signe avant-coureur d'une fonte des calottes glaciaires. L'enneigement de l'hémisphère nord a eu plutôt tendance à augmenter au cours des quinze dernières années — on ne dispose pas de séries pour les années précédentes (dessin 19). La superficie de la calotte glaciaire arctique a subi d'importantes variations depuis 1925 (première année pour laquelle il existe une estimation sérieuse), mais ces variations s'annulent (dessin 18). Notons au passage qu'un observateur vivant en 1960, aurait été tenté de conclure, au vu de la courbe retraçant cette superficie, que l'ère de la prochaine glaciation était proche... La superficie de la mer gelée autour de l'Antarctique n'est connue que depuis 1973, ce qui est un peu court (dessin 17). La tendance à la hausse qui caractérisait les années 1980-1981 (à la suite d'une période de baisse) semble se poursuivre aujourd'hui. Au Groenland, l'épaisseur de la glace augmente régulièrement, au rythme de 1 cm par an.

Les articles scientifiques ne manquent pourtant pas qui attirent l'attention sur le dramatique recul des glaciers suisses, norvégiens, ou encore d'Alaska. Ce recul est indéniable, mais souvent moins marqué qu'on le dit (dessin 16). Surtout, il n'est guère significatif au regard de l'histoire de la planète : ces glaciers ne représentent au total que 0,12 % du volume mondial des glaces.

A quoi les prophètes de l'été carbonique répondent : nous admettons que l'effet de l'augmentation du CO₂ ne s'est pas fait sentir jusqu'ici, mais nous affirmons qu'il se fera sentir demain. Effectivement, rien n'interdit de penser qu'il existe un effet de seuil. L'augmentation du CO₂ peut être interprétée à la manière du petit Hans de Haarlem qui voyait l'eau monter derrière sa digue. L'eau monte, mais tant qu'elle n'a pas atteint un certain niveau, il ne se passe rien. Seulement, quand ce niveau est atteint, c'est la catastrophe. Le problème devient donc celui de savoir quel est le niveau à partir duquel il est trop tard pour déclencher l'alerte rouge. Est-ce un doublement ? Un triplement ? Ou seulement une augmentation de 50 % ? Tous les modèles jetés en pâture aux ordinateurs posent au départ un seuil de ce genre et demandent aux machines de faire des calculs à rebours : dans l'hypothèse d'un doublement, compte tenu de ce que nous savons, si possible de ce que nous savons ne pas savoir (mais jamais de ce que nous ne savons pas ne pas savoir !) l'ordinateur répond fidèlement : + 2° en 2010, ou en 2050, ou en 3000....

L'idée d'un effet de seuil est étayée par un argument très fort. C'est que de nombreuses périodes chaudes de l'histoire de la Terre ont été associées à un niveau élevé de gaz carbonique. Est-ce que celui-ci n'aurait pas été, précisément, à l'origine de ces réchauffements ? Examinons ce point en détail.

Au tout début de l'histoire de la Terre, lorsque la vie n'était pas encore apparue, l'atmosphère était principalement composée de gaz carbonique et de vapeur d'eau, crachés l'un et l'autre par les volcans. Le gaz carbonique a commencé à décroître vers - 2 milliards d'années, transformé en dépôts calcaires par les algues marines. Processus deux fois réajusté : d'abord vers - 600 millions d'années, au début de l'ère primaire, avec la prolifération de minuscules coquillages, les foraminifères, puis vers - 350 millions d'années, à la veille du carbonifère, avec la prolifération des plantes à graines. Le taux de gaz carbonique est encore très élevé au milieu du crétacé, vers - 100 millions d'années, à l'époque des dinosaures. D'après les modèles échafaudés par les géologues à partir d'indices épars, le taux de CO₂ était alors 10 fois plus élevé qu'aujourd'hui (dessin 2). C'est une forte réduction du volcanisme qui aurait provoqué à nouveau sa décroissance puis

sa stabilisation à un niveau proche du niveau actuel, vers - 60 millions d'années, au moment de l'extinction des dinosaures et de l'apparition des primates.

Si l'on considère l'histoire de la Terre à l'échelle de ces centaines de millions d'années, il est impossible d'établir une relation claire entre la concentration de CO_2 et les températures. Nous n'en savons pas assez. La Terre a certainement connu des périodes très chaudes pendant lesquelles le taux de CO_2 était très élevé. Mais le taux de vapeur d'eau, qui contribue aussi à l'effet de serre, l'était probablement bien davantage. En outre, les traces d'une première glaciation remontent à 2,7 milliards d'années environ, donc à une époque où les algues n'étaient pas encore apparues et où le taux de CO_2 n'avait peut-être pas encore commencé à diminuer. Une seconde glaciation, très importante, eut lieu vers - 600 millions d'années environ, à la frontière entre le précambrien et l'ère primaire. Un taux de CO_2 peut-être 50 fois plus élevé que le taux actuel n'a donc pas empêché des glaciations majeures, vers - 450 et - 270 millions d'années. Sauf peut-être dans ce dernier cas (surproduction végétale du carbonifère), nous ne savons pas établir de lien entre ces refroidissements et l'évolution du taux de CO_2 .

Pour la période qui s'étend de - 60 millions d'années à - 160 000 ans, nous ne disposons que d'une seule série de mesure fiables. Grâce à la composition isotopique de l'oxygène dans les coquilles de foraminifères trouvées par forage dans les sédiments sous-marins, on pense que la température des mers a fortement décliné, chutant de 20° à 5°C (dessin 3). C'est vers la fin de cette période que s'est formée la calotte glaciaire autour de l'Antarctique. Mais nous ne disposons pas de mesure fiable du taux de gaz carbonique dans l'air pendant



La Manche avait disparu, ainsi qu'une bonne partie de la mer du Nord, lors du dernier maximum glaciaire, entre - 20 000 ans et - 18 000 ans. Les glaces recouvraient les deux tiers de l'Angleterre et de l'Irlande, ainsi que toute la Scandinavie, à l'exception de la côte ouest du Jutland (7). L'*Homo sapiens*, c'est-à-dire nous, était déjà bien installé. Mais il avait froid.

le même intervalle de temps.

Les comparaisons systématiques commencent vers - 150 000 ans. Elles concernent le volume des glaces, le niveau de la mer et le taux de CO_2 (dessins 4, 5 et 6). Ce dernier est calculé en mesurant la composition isotopique non plus de l'oxygène mais du carbone dans les coquilles de foraminifères. Le parallélisme entre les courbes est frappant. Le CO_2 atteint son maximum (350 ppm) juste avant le début de la dernière période interglaciaire. Il atteint un minimum (225 ppm) peu avant le dernier maximum glaciaire.

La question qui se pose est de savoir si les variations du taux de CO_2 , qui paraissent annoncer un refroidissement ou un réchauffement, sont effectivement à l'origine de ces variations climatiques, ou sont seulement le reflet de causes plus profondes.

C'est l'œuf et la poule. Prenons l'exemple du

dernier interglaciaire, période fascinante puisqu'elle semble être la préfiguration à l'identique de l'époque que nous vivons (même niveau des glaces et de la mer, même concentration de CO_2). Est-ce que l'élévation du taux de CO_2 qui l'a précédée a anticipé ou suivi la montée du thermomètre ? Comment a évolué la concentration de vapeur d'eau pendant le même laps de temps ? Nous n'en savons rien.

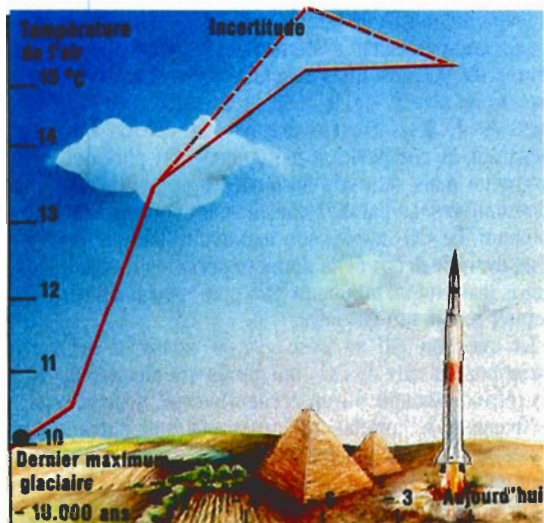
Imaginons maintenant que nous vivions à l'époque fort agréable que fut ce dernier interglaciaire. Nous sommes sur le point de nous transformer en hommes de Néanderthal, mais nous disposons, grâce à notre vieil ami le docteur Frankenstein, d'un cerveau équivalent à celui de l'*homo sapiens*, et nous pouvons compter sur une cohorte de climatologues et de géologues qui nous renseignent sur les climats du passé. Que voyons-nous ? Que le taux de gaz carbonique dans l'air n'a pas cessé de monter depuis 28 000 ans, passant de 200 à 350 ppm, soit une augmentation qui approche dangereusement le seuil fatidique du doublement. N'aurions-nous pas toutes les raisons de déclencher l'alerte rouge, et de frapper nos cymbales en prévoyant le retour de l'été carbonique ?

Heureusement pour nous, la température et le taux de CO_2 vont miraculeusement redescendre, aussi naturellement qu'ils avaient monté sans la moindre intervention humaine. Nous allons revivre ces glaciations bénies, qui ont déjà scandé l'histoire de notre développement. Et grâce au docteur Frankenstein, qui a aussi le pouvoir de lire l'avenir et même celui de transformer l'homme, nous savons qu'au cœur d'une période considérée comme "glaciaire" vers - 35 000 ans, nous atteindrons notre stade de développement le plus achevé, celui qui nous permettra de dessiner les somptueuses fres-

ques de Lascaux et d'avancer pas à pas vers l'ère des ordinateurs.

On rencontre le même problème d'interprétation pour les périodes ultérieures, celles qui nous séparent du dernier maximum glaciaire, vers - 18 000 ou - 20 000 ans (à 2 000 ans près, on ne sait pas le situer). Nous savons que le taux de CO_2 est remonté, passant très rapidement cette fois d'un minimum de 200 ppm à un maximum de 310 ppm. Entre - 18 000 et - 7 000 ans, la mer est montée de plus de 100 mètres, transformant l'Angleterre en île. La température moyenne a grimpé de 5°, peut-être 6°C. Là encore, est-ce la température qui a précédé le mouvement, ou est-ce la hausse du CO_2 ? D'après les mesures dont nous disposons, mesures nettement plus fiables que pour les épisodes précédents, la hausse du taux de CO_2 n'a pas, cette fois, précédé le début de la fonte des glaces et la montée du niveau des mers. Elle n'aurait commencé que vers - 16 000 ans, soit au moins 2 000 ans plus tard (dessins 4, 5 et 6).

Les pyramides d'Égypte ont été construites à une époque où, après sa prodigieuse remontée, la mer avait recommencé à baisser un peu, découvrant une partie de l'actuel delta du Nil. A cette date (- 5000, soit - 3000 avant J.C.), la mer était encore à 3 m environ au-dessus du niveau actuel. Ce niveau a connu d'étranges fluctuations depuis lors (dessin 10). Mais la tendance générale est à la baisse. Depuis Jésus-Christ, la baisse est restée lente et régulière, jusque vers 1900, date à laquelle on observe un début de remontée (dessin 15). Cette baisse globale du niveau de la mer depuis les pyramides évoque nécessairement une tendance à un léger refroidissement, du moins à l'échelle de nos millénaires. Là encore, à en juger par les mesures les plus récentes, le taux de CO_2 a lui aussi



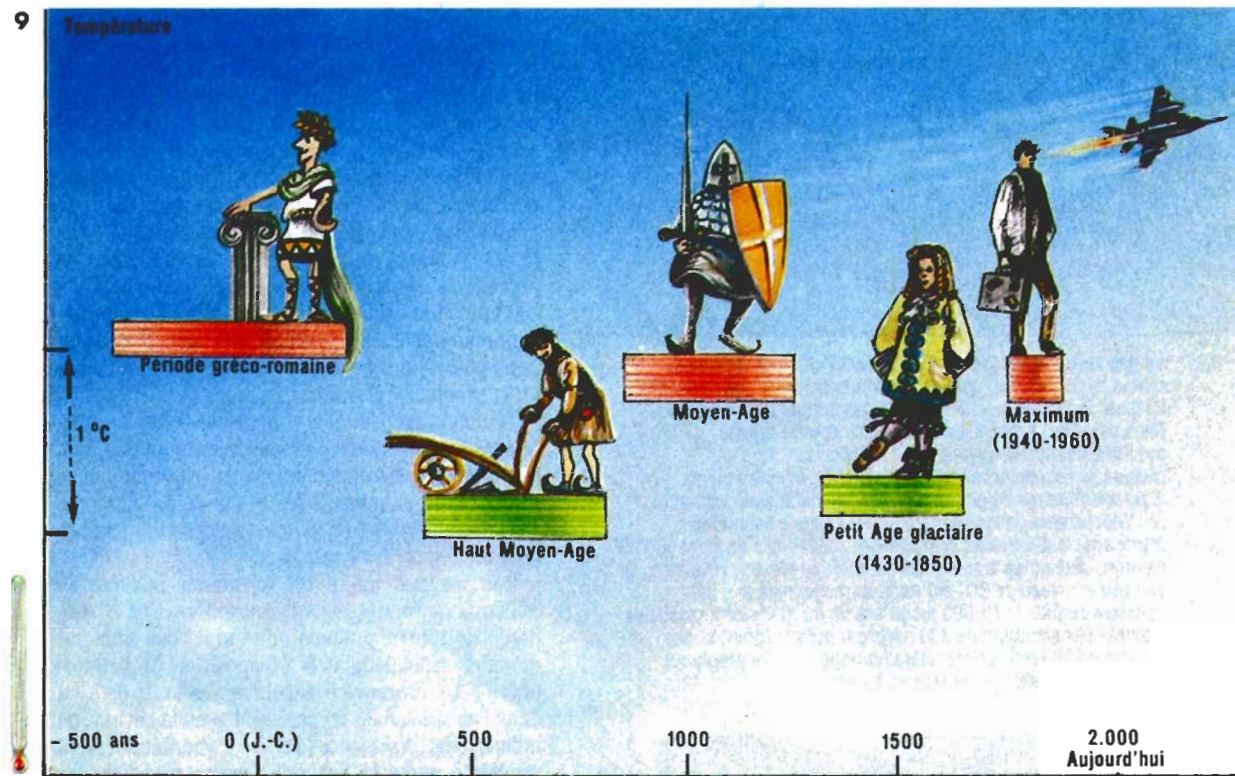
La mer montait de 100 m en 10 000 ans (10) après le dernier maximum glaciaire (voir 6), l'air s'étant réchauffé de 5° C pendant ce temps (8). Les mesures isotopiques de sédiments profonds ne permettent pas de connaître l'évolution de la température depuis 7 000 ans environ. Pour certains, la température moyenne aurait connu à cette date un maximum (16°) supérieur à la température moyenne actuelle (15°).

Le niveau de la mer, lui, a grimpé jusqu'à près de 5 mètres au-dessus du niveau actuel. C'est dire qu'il a atteint vers - 5 000 (- 3 000 av. J.-C.) le niveau "catastrophique" que prévoient les augures actuels pour la fin du XXI^e siècle. Noter la baisse régulière depuis l'époque de la Grèce antique. Le niveau de la mer est déterminé par la datation au carbone 14 de dépôts d'algues calcaires et d'huîtres.

La période historique est marquée, en Europe, par une succession de périodes "chaudes" et de périodes "froides", entre lesquelles la température moyenne ne semble pas avoir varié de plus de 1°C (9). Certains astronomes attribuent le "petit âge glaciaire" à une réduction de l'activité solaire.

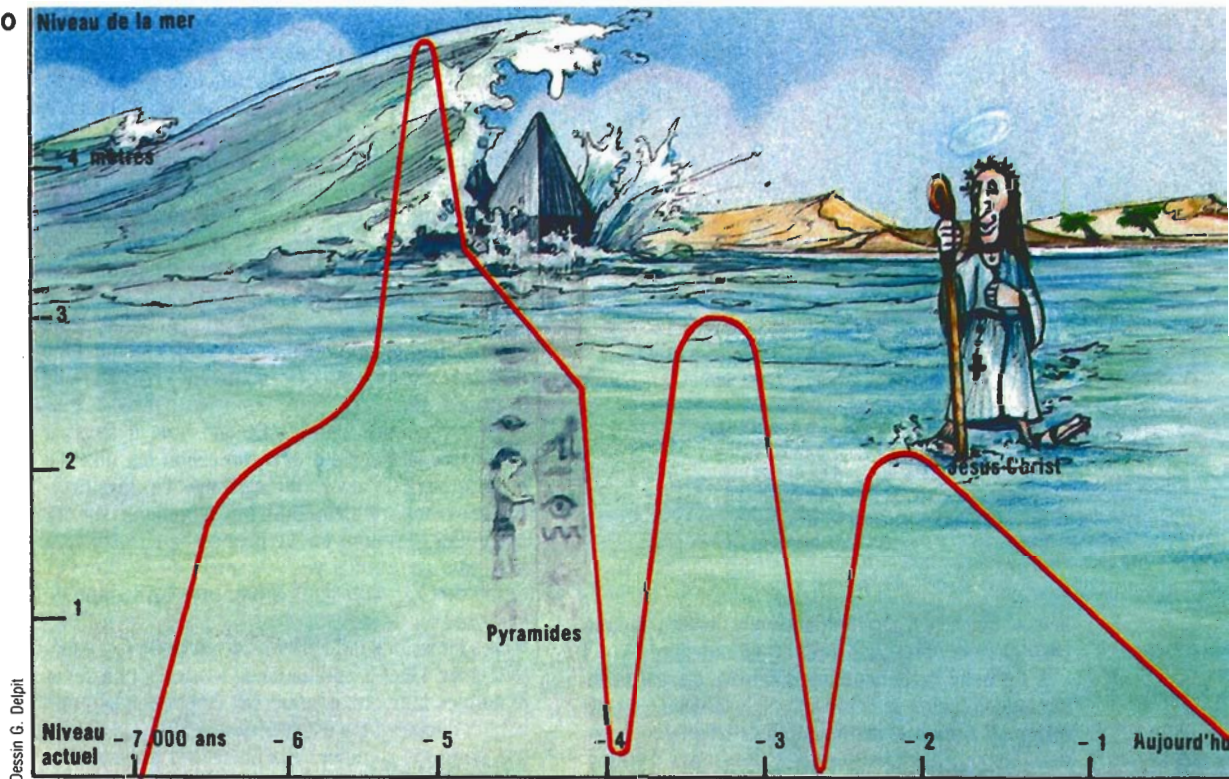
9

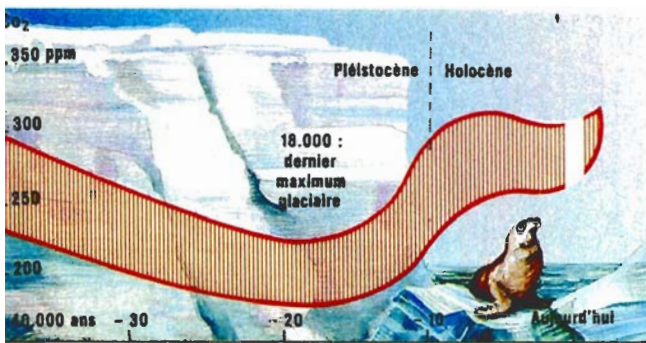
Température



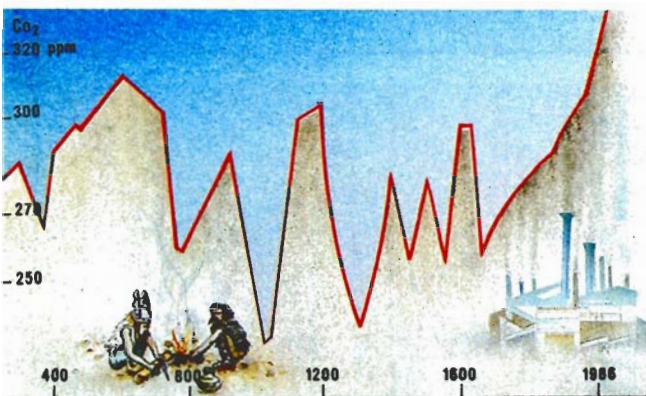
10

Niveau de la mer





- 11 Le gaz carbonique depuis 40 000 ans (11).** L'air contenait moins de CO₂ lors du dernier maximum glaciaire. La remontée de taux de CO₂ est parallèle à celle des températures (voir 8). Mais laquelle a précédé l'autre ? Cette courbe repose sur l'une des techniques les plus fiables : la mesure directe de la concentration de CO₂ dans les bulles d'air prisonnières de glaces que l'on sait dater avec précision (en l'occurrence, dans l'Antarctique). La zone hachurée représente la dispersion des mesures. Celles-ci s'arrêtent en 1900 environ, date après laquelle cette technique n'est plus valable. On voit que le niveau de CO₂ est resté en moyenne à peu près constant depuis — 10 000 jusqu'à la fin du XIX^e siècle, avec des maxima aux alentours de 300 parts par million (ppm) et des minima à 250 ppm. Le caractère homogène de ce graphique masque d'importantes variations à court terme.



- 12 Le gaz carbonique depuis 1500 ans (12).** La teneur en carbone 13 des anneaux de croissance des arbres permet de penser que le taux de CO₂ a connu d'importantes variations à court terme au cours du dernier millénaire. Ces mesures sont influencées par le climat local et la physiologie individuelle des arbres. Mais des variations aussi fortes ont été découvertes dans des bulles de glace datant de la dernière période glaciaire. Noter que la tendance à la hausse depuis 1600 n'est pas sensiblement plus frappante que celle à la baisse entre 500 et 1000.

accusé une très légère tendance à la baisse pendant cette période. Mais que peut-on en conclure ?

A l'échelle de la centaine d'années, qui est celle sur laquelle porte le débat actuel, le tableau est très différent. L'analyse isotopique du carbone contenu dans les anneaux de croissance des troncs d'arbres

indique de fortes variations du taux de CO₂ en Europe au cours des 15 derniers siècles. Entre 1000 et 1100, ce taux passe de 230 ppm à 310 ppm (dessin 12). Augmentation supérieure à celle qui nous inquiète aujourd'hui. Cette augmentation semble corrélée à la hausse des températures qui a caractérisé l'époque des Vikings. L'a-t-elle suivie ou précédée ? On n'en sait rien. Mais supposons que nous vivions en l'an 1000, et que nous considérions l'évolution de la courbe au cours des quatre siècles précédents. Nous constaterions une baisse de 310 à 230 ppm. Soit un taux équivalent à celui du dernier maximum glaciaire, voici 18 000 ans. N'aurions-nous pas été tentés de prévoir l'arrivée imminente de la prochaine glaciation ?

Tout cela est peut-être vrai, disent certains climatologues, mais nous ne pouvons pas nier qu'un phénomène entièrement nouveau s'est produit avec les révolutions industrielle et agricole : l'homme s'est mis à produire lui-même du gaz carbonique, en quantités impressionnantes.

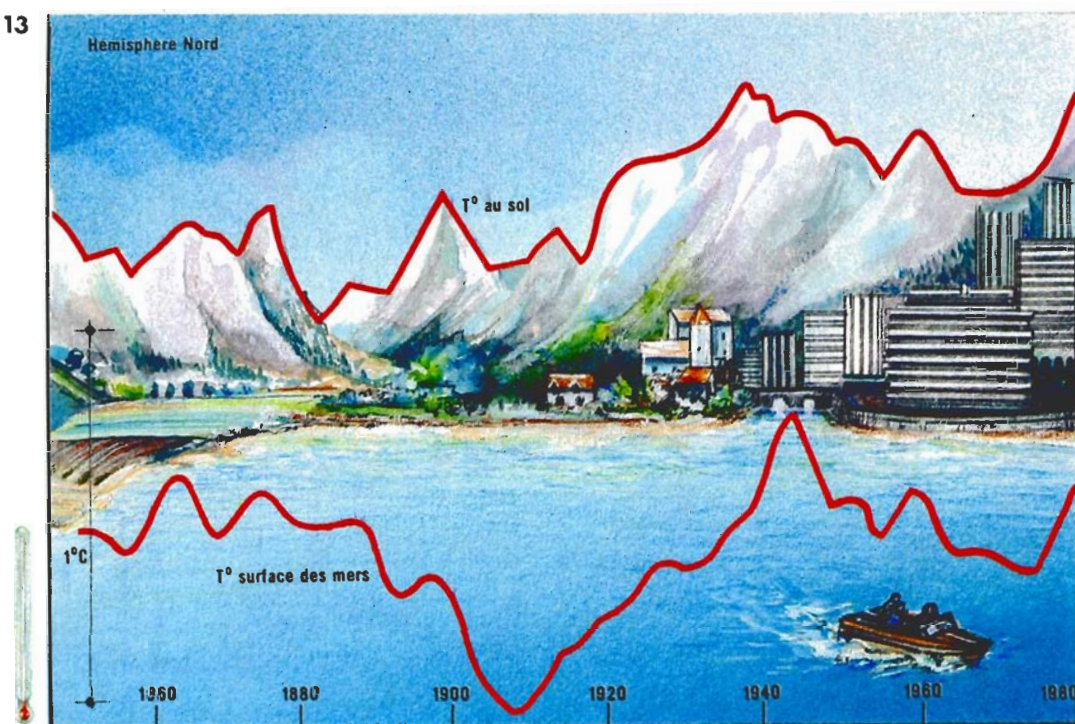
Bon an mal an, il en injecterait quelque 20 milliards de tonnes dans l'atmosphère. Ces 20 milliards de tonnes annuels ne vont-ils pas finir par modifier sensiblement la composition de l'atmosphère ? La croissance régulière du taux de CO₂ dans l'air à laquelle on assiste depuis la révolution industrielle, croissance qui s'est indubitablement accélérée après la Seconde Guerre mondiale, ne peut-elle être imputée au moins en partie à cette nouvelle source de CO₂ ?

Le problème est de savoir ce que deviennent ces dizaines, ces centaines de milliards cumulés de tonnes de CO₂ excédentaires. C'est l'un des grands axes des recherches actuelles. Il exige une connaissance approfondie de ce qu'on appelle le cycle du carbone. On a vu que la Terre est une vieille habituée du gaz carbonique. Dans des temps très anciens, elle est parvenue (contrairement à ses voisines Mars et Vénus) à éliminer de son atmosphère une concentration en CO₂ plusieurs dizaines de fois supérieure à la concentration actuelle. Alors comment a-t-elle pu réagir à la production humaine de gaz carbonique, et comment réagira-t-elle demain ?

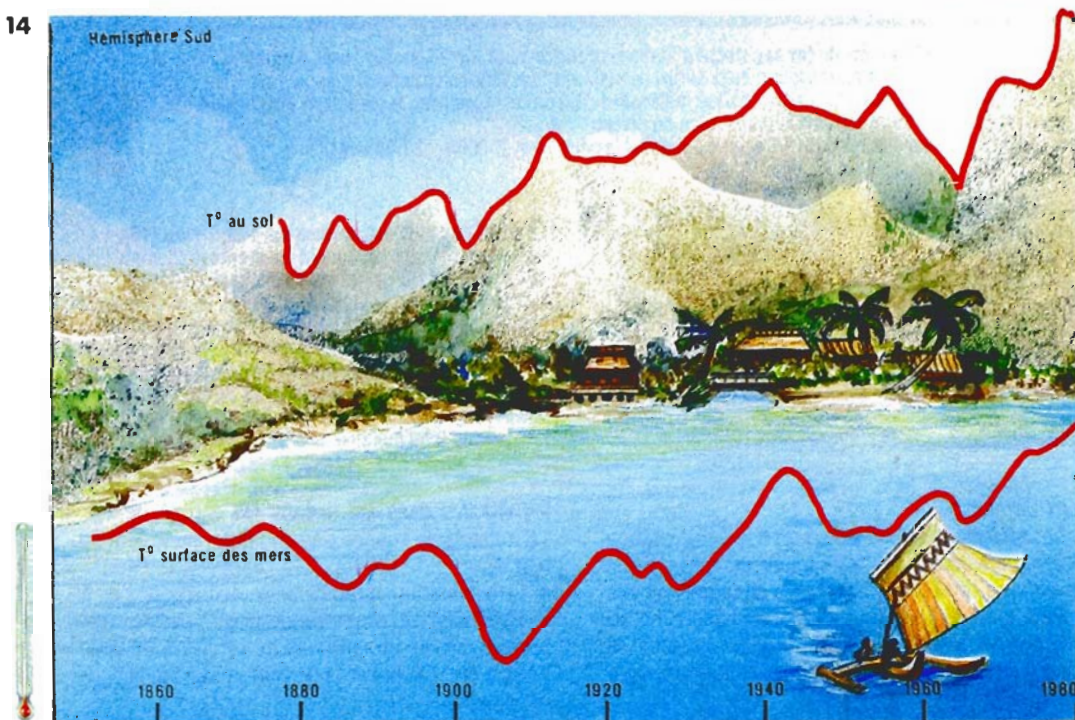
Pour répondre à une telle question, il faudrait être capable d'évaluer avec précision les flux qui caractérisent le cycle du carbone. Or les incertitudes l'emportent aujourd'hui largement sur les certitudes. Prenons-en la mesure, en raisonnant non plus en termes de CO₂, mais de carbone (1 tonne de CO₂ représente à peu près 0,37 tonne de carbone) :

- Les émissions industrielles de carbone représentent entre 4,5 et 5,5 milliards de tonnes par an. C'est la donnée la mieux connue. On voit cependant que le taux d'incertitude est supérieur à 20 %. On ne sait pas non plus comment ces émissions industrielles

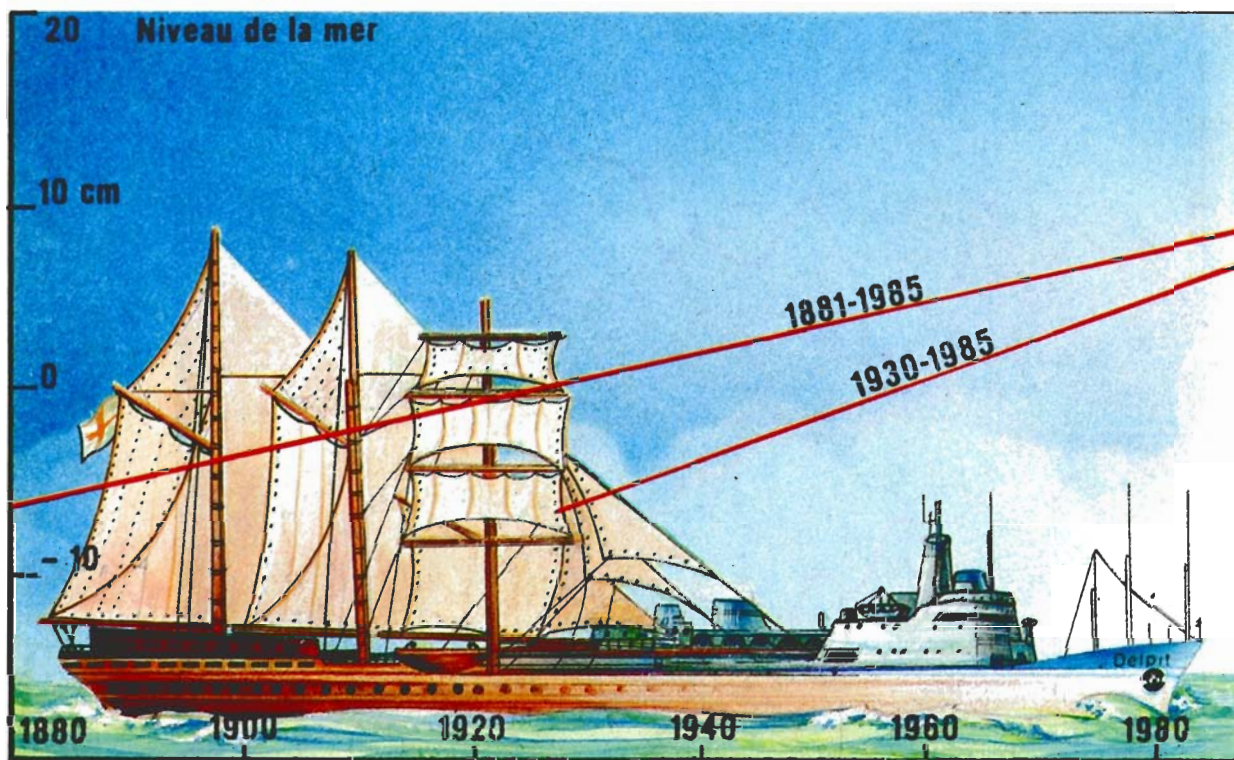
13



14



Nous disposons de relevés réguliers de température seulement depuis 1860-1880. Les courbes montrent que nous sommes plutôt dans une période de hausse, aussi bien dans l'hémisphère nord (13) que dans l'hémisphère sud (14). Mais la forte augmentation des années 1920-1940 a été suivie, au moins dans l'hémisphère nord, d'une période de décroissance, qui s'est poursuivie jusqu'en 1975. Au total, les variations de température sont restées inférieures à 1°, comme dans l'ensemble de la période historique (voir 9).



La mer monte au rythme de 16 cm par siècle d'après la droite du haut, de 24 cm par siècle d'après la droite du bas (15). Les deux droites représentent deux séries de mesures indépendantes. Une moyenne de 20 cm par siècle équivaut à 2 mètres pour 2 millénaires. Si l'on compare avec le graphique 10, on peut en conclure que le rythme actuel d'augmentation du niveau de la mer est inférieur aux rythmes enregistrés pendant la période — 7 000/— 2 500 ans.



Le recul des glaciers suisses est bien connu (16). La fin des années 1970 a cependant été marquée (comme la fin des années 1910) par un pourcentage d'avancées supérieur au pourcentage de reculs. Le recul d'un glacier n'indique pas forcément une baisse du volume de ses glaces. Des observations comparables sont faites pour les autres glaciers de montagne, en Norvège, en Alaska ou en Asie. Le volume total des glaciers de montagnes et des petites étendues glaciaires ne dépasse pas 120 000 km³ (sur un total mondial de 32,5 millions de km³).

dans l'avenir.

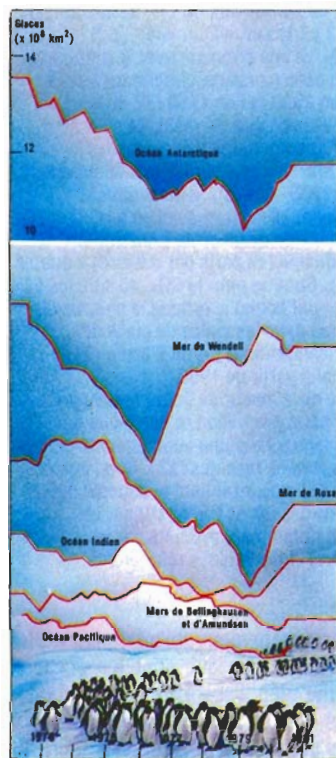
- Les émissions de carbone dues à la déforestation et à la conversion des terres sont estimées, selon les auteurs, de zéro à 2,6 milliards de tonnes par an.
- Pour le total des émissions d'origine humaine, on voit que le facteur d'incertitude varie presque du simple au double (4,5 à 8,1 milliards de tonnes par an).
- Le solde net d'absorption de carbone par les océans varie, selon les auteurs, de 1,5 à 3,3 milliards de tonnes par an : la différence est de plus du simple au double.
- Le total du carbone acheminé par les fleuves et

les rivières dans les océans est estimé de 0,3 à 1,3 milliard de tonnes par an : différence d'un facteur 4.

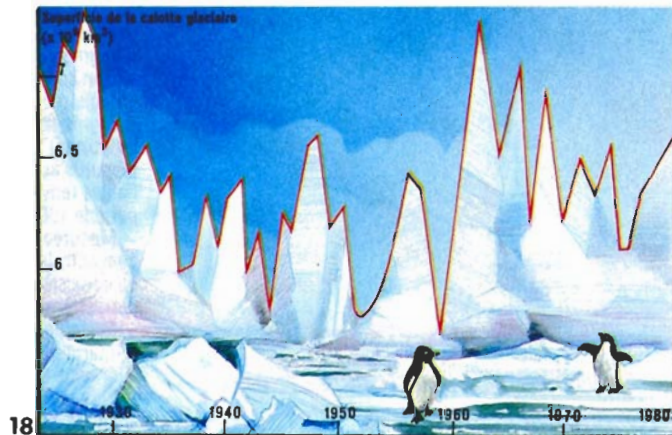
• La production annuelle nette de carbone par les écosystèmes terrestres (non marins) passée, selon les auteurs, de 20 milliards de tonnes à un total... négatif de — 2 milliards de tonnes ! Là l'incertitude est absolue.

• Les feux d'origine naturelle, dus à la foudre, à la sécheresse, etc., produisent, selon plusieurs auteurs, presque autant de carbone que le total de la production humaine d'origine fossile (5 milliards de tonnes). Mais cette production varie beaucoup

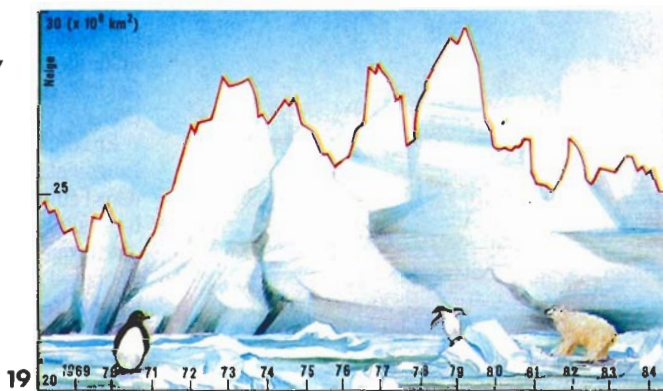
...LES NEIGES ET LES GLACES ONT DES FLUCTUATIONS QUI SEMBLENT S'ANNULER



Sur la mer gelée autour de l'Antarctique (19), on ne dispose de données fiables que depuis une dizaine d'années. Le rapprochement avec le graphique 18 montre que le rétrécissement de 2 millions de km² de la banquise antarctique observé entre 1973 et 1979 ne constitue sans doute pas une variation exceptionnelle. Si l'on considère séparément chaque mer de l'Antarctique, on constate des évolutions très différentes. Le volume de la mer gelée autour de l'Antarctique varie de 10 000 à 60 000 km³ selon la saison. La glace accumulée sur le continent antarctique atteint, elle, 29,3 millions de km³.



La calotte glaciaire arctique connaît d'importantes fluctuations à court terme. Elle a perdu ainsi plus d'un million de km² entre 1930 et 1938, et au contraire gagné plus d'un million de km² entre 1960 et 1963 (18). L'extension des glaces ne paraît pas liée aux fluctuations de la température moyenne de l'hémisphère nord. Noter que le total des glaces de l'océan Arctique ne représente en moyenne que 20 à 50 000 km³, à comparer au total mondial de 32,5 millions de km³.



La couverture neigeuse dans l'ensemble de l'hémisphère nord (19), après avoir augmenté entre 1972 et 1980, a de nouveau diminué pour retrouver le niveau de la fin des années 60. Les mesures représentent la moyenne sur les 12 mois de l'année.

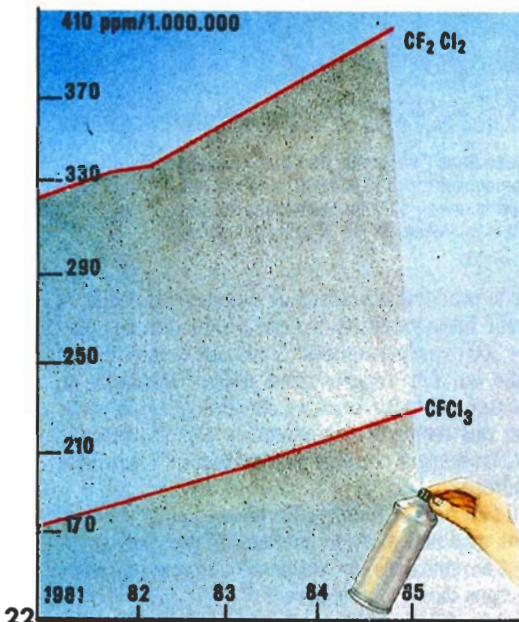
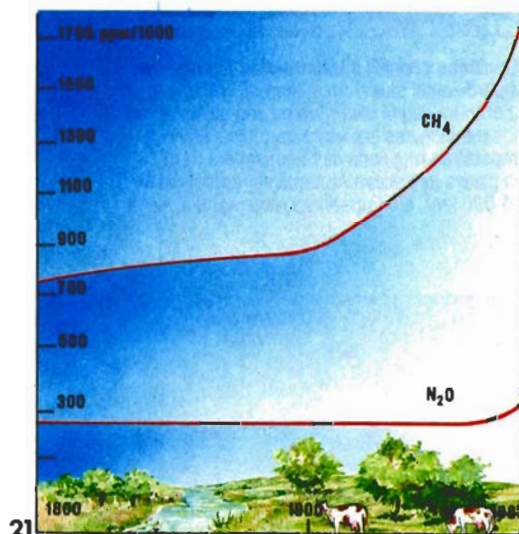
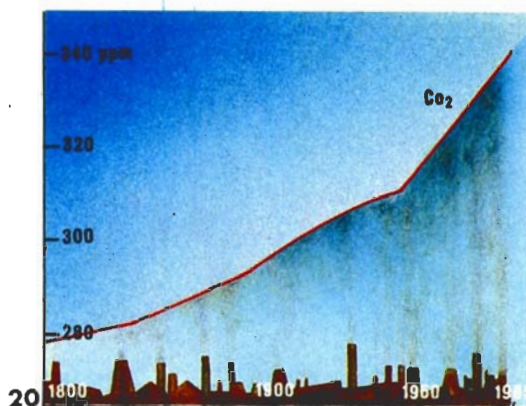
selon que l'année est plus ou moins marquée par des épisodes secs.

● La production actuelle de carbone par les volcans et les sources hydrothermales n'est pas comptabilisée dans les bilans du cycle carbonique présentés par les spécialistes du problème du CO₂. Pourtant, la question ne manque pas d'intérêt. Après la vapeur d'eau, le CO₂ est le principal gaz rejeté par les volcans. La forte teneur en CO₂ du crétacé est attribuée à une forte activité volcanique. En temps normal, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas en éruption, l'Etna dégage à lui seul près de 4 millions de tonnes de gaz carbonique par an. Quelle

est la production volcanique mondiale annuelle, et quelle fut la variation de cette production au cours des 200 dernières années ? Voilà une donnée essentielle qui fait apparemment défaut. Revelons au passage que pour certains climatologues, la variation des températures annuelles depuis un siècle est étroitement corrélée à la production volcanique d'aérosols.

Il faut bien se rendre à l'évidence : nous connaissons trop mal le cycle du carbone pour savoir où vont les milliards de tonnes de carbone que nous rejetons dans l'atmosphère.

L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'ils sont



En deux siècles, la concentration de CO_2 dans l'air est passée de 280 à 342 parts par million, soit 22 % d'augmentation (20). Si l'on compare avec le graphique 12, on constate que cette hausse est inférieure à celle enregistrée entre l'an 1000 et l'an 1150 (32 % d'augmentation). Il est vrai que les mesures se rapportant à l'an 1000 sont moins fiables que les mesures actuelles. Mais les seules mesures absolument fiables remontent à 1958 : les estimations pour la période 1800-1950 sont elles aussi sujettes à caution.

Mesurée dans les bulles de glace de l'Antarctique, la concentration de méthane (en parts par milliard) a doublé en deux siècles (21). Comme pour le CO_2 , ce sont les 50 dernières années qui ont connu le rythme le plus élevé.

Egalement mesurée dans les bulles de glace de l'Antarctique, la concentration d'oxyde d'azote (21) augmente légèrement à partir de 1950.

La mesure directe de la teneur de l'atmosphère en chlorocarbones (en parts par trillion, c'est-à-dire par milliard de milliard) témoigne d'une augmentation de 5 à 8 % par an dans les années récentes (22). C'est aux chlorocarbones que certains attribuent le soudain déficit d'ozone découvert au-dessus de l'Antarctique. Les chlorocarbones sont notamment produits par les vaporisateurs (sprays) et les liquides réfrigérants.

en grande partie tranquillement absorbés par cette énorme poubelle à carbone que sont les océans. Pour en donner une idée, l'absorption de carbone par la surface des eaux est évaluée à plus de 100 milliards de tonnes par an. Selon certains auteurs, il faudrait même beaucoup réévaluer cette estimation...

Et l'on finit par se poser la question ; est-ce que l'augmentation récente de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère est due à l'activité humaine, ou à tout autre chose ? Les augures de l'été carbonique disent que la Terre n'a jamais connu d'augmentation aussi rapide au cours de son histoire. Mais que sait-on de l'histoire de la Terre à l'échelle d'un siècle ? Pratiquement rien. Les oscillations dans la teneur de l'atmosphère en carbone que l'on enregistre pour les derniers millénaires, a fortiori pour les dernières dizaines, ou centaines de milliers d'années (sans parler des millions), sont des variations qui portent sur de grandes échelles de temps. Rien ne nous dit si à l'intérieur de ces tendances lourdes le taux de CO_2 n'a pas connu des variations rapides.

A vrai dire, les données disponibles plaident au contraire en ce sens. On a vu que l'analyse isotopique du carbone contenu dans les anneaux des troncs d'arbres nous donne l'exemple d'une variation très forte à l'époque viking, entre les années 1000 et 1100.

Les mesures faites, non plus dans les troncs d'arbres, mais dans des bulles de glace qui ont conservé intact l'air qui existait au moment de leur formation permettent de supposer que de telles variations se sont produites couramment au cours des 40 000 dernières années (dessin 11). D'autres

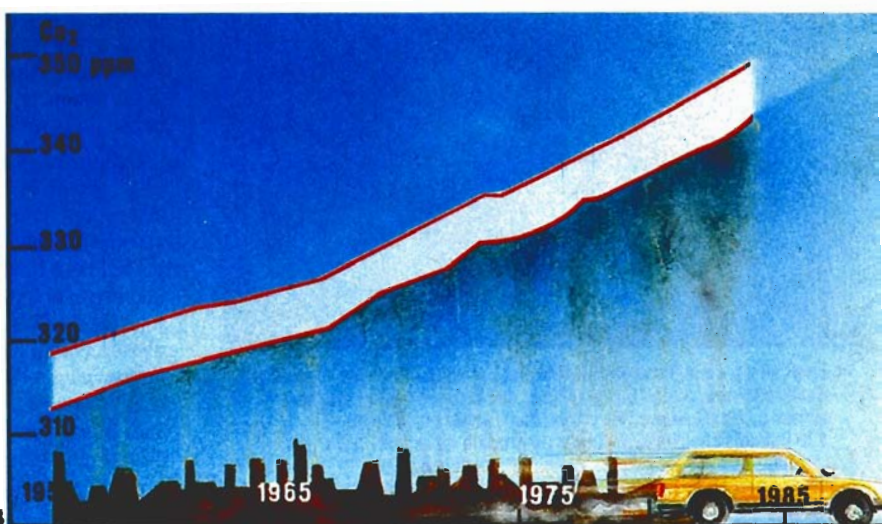
mesures réalisées tout récemment par cette méthode permettent même de préciser l'ampleur de ces variations. A l'échelle d'un siècle, vers le milieu du dernier âge glaciaire, entre - 30 000 et - 40 000 ans, donc au moment où l'*Homo sapiens* faisait son entrée sur la scène, ces variations dépassaient couramment 70 ppm, et atteignaient parfois 100 ppm. Si ces mesures sont exactes, cela voudrait dire qu'il n'y a vraiment pas grand-chose de nouveau sous le soleil.

Revenons-y, au Soleil. N'est-ce pas la source de la quasi-totalité de la chaleur que capte l'atmosphère ? Or il est bien connu que l'énergie que la Terre reçoit du Soleil n'est pas constante. L'insolation terrestre connaît trois cycles de 20 000, 40 000 et 100 000 ans (dessin 26). A ces trois cycles s'en ajoutent deux autres, qui traduisent des variations de l'énergie émise par le Soleil lui-même (11 ans et 22 ans). Il est possible qu'il existe d'autres cycles solaires, de plus longue durée, que les astronomes n'aient pas encore découverts. Il se pourrait également que cette gigantesque machine à fusion thermonucléaire ait des sautes d'humeur, des ratés ; et que ces bizarreries exercent de temps à autre un effet sur le climat de la planète Terre.

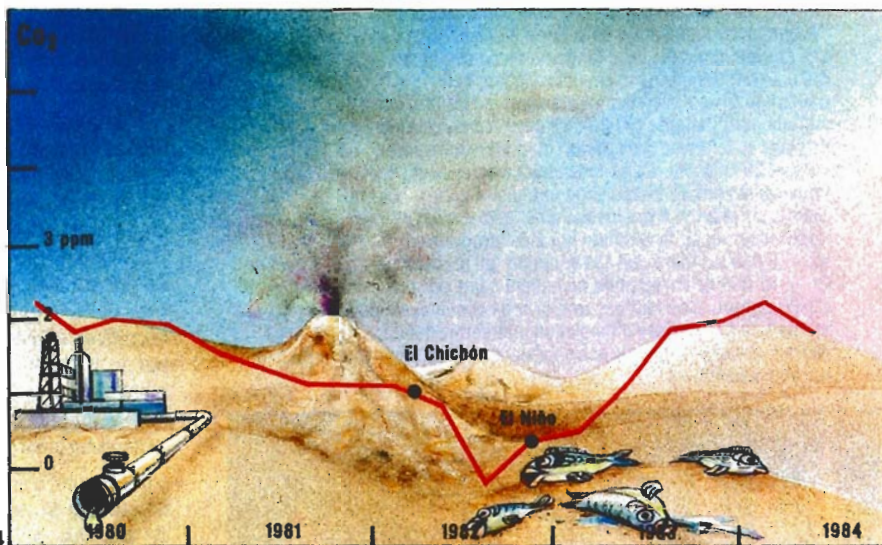
Lorsqu'on se contente de tracer la courbe résultant des trois premiers cycles (variations de l'insolation terrestre), on ne peut qu'être frappé par la corrélation qui existe entre les maxima d'insolation et les minima glaciaires... (dessins 26 et 5). Ces corrélations sont si nettes que nombre de climatologues y voient le facteur déterminant du climat.

Puisqu'il s'agit de cycles astronomiques, il est

23



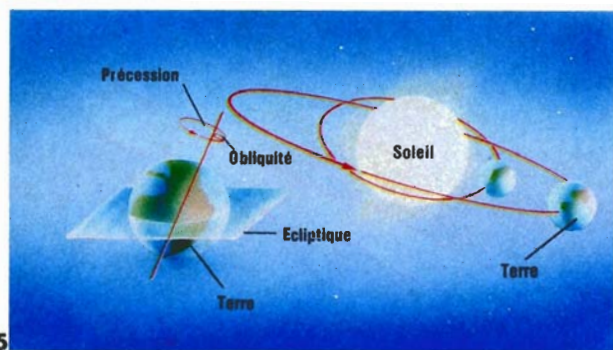
24



Le CO₂ depuis 10 ans. L'augmentation régulière et rapide relevée à l'observatoire de Mauna Loa (Hawaï) masque des variations significatives du taux de croissance (23). La courbe 24 est construite à partir d'un réseau de 24 stations de mesure. Elle montre une tendance à la diminution du taux de croissance entre 1980 et 1982, qui est même devenu quelque temps négatif, puis une nouvelle tendance à la hausse en 1983. La légère décroissance des émissions de CO₂ industriel intervenue en 1980 en raison de la crise du pétrole, puis l'éruption du volcan El Chichón en avril 1982, puis la violence du phénomène El Niño dans le Pacifique Sud à la fin de 1982 contribuent peut-être à expliquer cette évolution.

aisé d'en prévoir l'évolution au cours des prochains millénaires. Beaucoup plus facile que de prévoir l'évolution du taux de CO₂... La position où nous nous trouvons actuellement par rapport à ces cycles permet de prévoir un léger refroidissement de la Terre au cours des prochains siècles.

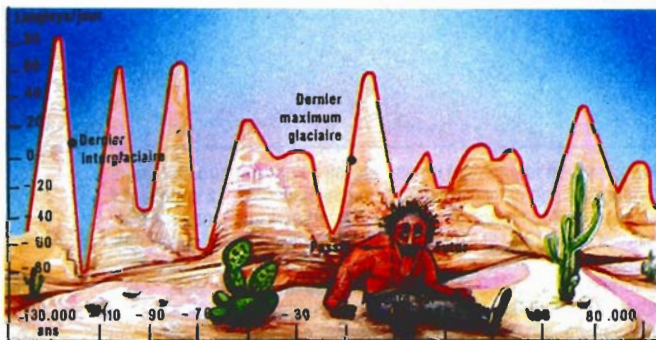
Il faut admettre que ni l'évolution des températures, ni celle du volume des glaces ne contredisent pour l'instant une telle éventualité. Seule la



25

La position de la Terre par rapport au Soleil joue un rôle essentiel dans le climat.

La forme de l'ellipse que la Terre suit en tournant autour du Soleil se modifie légèrement, selon un cycle de 100 000 ans environ (25). L'axe de rotation de la Terre n'est pas incliné d'un angle constant : cette obliquité oscille de $\pm 2^\circ$, selon un cycle de 40 000 ans environ. Enfin cet axe décrit un cône autour de la perpendiculaire à l'écliptique : c'est la précession, qui constitue un cycle de 20 000 ans environ. La combinaison de ces trois variations permet de calculer l'évolution de l'insolation de la Terre à une latitude donnée (26). Les corrélations avec les changements de climat sont frappantes. Ainsi, le dernier interglaciaire intervient après le maximum d'insolation enregistré vers - 129 000 ans à 60° de latitude nord (latitude d'Oslo). Le dernier maximum glaciaire se place au lendemain du minimum d'insolation enregistré vers - 26 000 ans. La période chaude actuelle est consécutive au nouveau maximum d'insolation enregistré vers - 13 000. Mais la corrélation entre insolation et climat n'est pas non plus rigoureuse. Ainsi, la variation qui s'est produite entre - 100 000 et - 5 000 est identique à la variation qui précède l'époque actuelle. Or - 75 000 ne correspond nullement à une période interglaciaire. C'est pourquoi il ne faut pas trop tirer de conclusions pour l'avenir, même si la forte baisse d'insolation intervenue depuis 10 000 ans devrait, d'après la logique astronomique, se traduire par un prochain refroidissement.



26

courbe du gaz carbonique... Mais quelle est sa signification ?

Revenons pour en finir à l'argument qu'évoquait en 1975 l'Académie des sciences américaine en faveur de la thèse d'une prochaine ... glaciation. Ce n'est pas, il est vrai, ce que permet de conclure l'examen de la courbe d'insolation. Mais tout de même, n'est-il pas troublant que les dernières périodes interglaciaires n'aient duré qu'une dizaine de

milliers d'années ? La période interglaciaire que nous vivons ne dure-t-elle pas depuis quelque 12 000 ans ? Alors allons-nous sortir nos cymbales pour annoncer, comme le font certains, l'imminence de la prochaine glaciation ?

Certainement pas. Pour une raison bien simple. C'est que si le dernier interglaciaire semble bien avoir duré entre 10 000 et 15 000 ans, nous ne savons pas mesurer la durée des interglaciaires précédents. Nous ne connaissons même pas leur nombre exact, pendant cette période pourtant très récente de l'histoire de la Terre qu'on appelle le pléistocène (à partir de - 1,8 million d'années). La notion même d'interglaciaire est tout à fait arbitraire : à partir de quelle température moyenne, de quel niveau de la mer, doit-on parler de période glaciaire ou interglaciaire ?

Lorsqu'on mène des recherches sur les problèmes effroyablement complexes que pose la compréhension du climat, la dérive prophétique est tentante. Elle l'est à titre individuel, pour se faire connaître. Elle l'est à titre collectif, pour obtenir des moyens de recherches.

L'inflation quasi exponentielle du nombre des laboratoires travaillant sur le CO_2 ne doit rien au hasard. Elle est née de l'intuition diffuse, vers le milieu des années 70, que le problème du gaz carbonique pouvait servir de clef pour comprendre l'ensemble des problèmes climatiques. Être capable de prévoir avec précision l'impact d'une augmentation de 100 ppm de CO_2 , c'est avoir dévoilé les secrets du climat. Grâce à l'effet de mode entretenu par le militantisme écologiste, le CO_2 est rapidement apparu comme un thème facile à vendre, tant auprès du public que des hommes politiques et des administrations.

Il est donc très naturellement devenu le cheval de bataille de la majorité des laboratoires travaillant de près ou de loin sur le climat. Il en a assuré l'entretien et permis la croissance. Le seul rapport du département américain à l'Energie, dont nous tirons les trois quarts de nos informations, cite en référence pas moins de 2 000 scientifiques, et il en est beaucoup d'autres...

La science a toujours eu ses faux prophètes. Mais que doit-on penser de l'institutionnalisation du phénomène ? Sait-on que les ténors de l'été carbonique sont souvent les mêmes qui se font ailleurs les prophètes de l'hiver nucléaire, ce refroidissement catastrophique qui nous est prédit pour les lendemains d'une guerre mondiale ?

Malgré leurs titres et malgré la reconnaissance dont ils jouissent parmi leurs pairs, certains scientifiques sont surtout des spécialistes de l'exploitation médiatique.

Olivier Postel-Vinay

Dessin G. Delpit