

Ozone : les modèles étaient faux

EMMANUEL GRENIER

Les gagnants du prix Nobel de chimie ont eu une double surprise. D'abord, la cérémonie de remise des prix a été perturbée par les membres suédois de l'Institut Schiller qui distribuèrent un tract affirmant que la remise de ce prix à Rowland, Molina et Crutzen correspondait à une profanation de la tombe d'Alfred Nobel. Le tract contenait aussi les derniers résultats issus de CRISTA (voir ci-dessous). Sherwood Rowland a réagi en affirmant au cours d'une conférence de presse « *Il n'existe aucune opposition scientifique à mes théories* ». D'après lui, aucun de ses détracteurs n'appartient à la « communauté » des chercheurs reconnus. Crutzen a défié les adversaires de la théorie catastrophiste : « *Quelle recherche scientifique ont-ils publié ?* » a-t-il demandé. « *Où sont leurs articles scientifiques ? Nous serions heureux de les voir.* » En guise de réponse, nous renvoyons aux articles ci-dessous, récemment publiés.

Car la deuxième surprise pour nos trois chimistes modélisateurs est venue d'Allemagne. Les modèles informatiques de la couche d'ozone se révèlent « *pratiquement bons pour la poubelle* » déclarait en effet le quotidien allemand *Die Welt* du 7 novembre, rapportant les résultats d'une expérience scientifique spatiale, CRISTA (Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere). CRISTA a volé en novembre 1994 à bord du satellite SPAS, un programme lancé conjointement par la NASA et la DARA, l'agence spatiale allemande. SPAS (Shuttle Pallet Satellite) est lancé par la navette, et vole à quelques dizaines de kilomètres de celle-ci avant d'être récupéré par elle. En 1994, SPAS, qui a volé encore en janvier 1996, emportait deux expériences, MAHRSI et CRISTA. Cette dernière est basée sur un instrument

Un satellite germano-américain et les dermatologues du monde entier viennent de remettre en cause l'essentiel de ce que l'on croyait savoir sur l'ozone et sur son rôle protecteur.

permettant de mesurer très précisément la distribution de certains gaz traces dans l'atmosphère, ainsi que leurs réactions photochimiques, à des altitudes variant de 10 à 100 km. Les résultats ont été acquis en une semaine de vol satellitaire, mais il a fallu près d'une année pour les analyser. La validité et la précision des résultats a été vérifiée en les comparant aux résultats ponctuels obtenus grâce à une série de vols ballon-sondes et de fusées, réalisés au même moment en 42 endroits différents.

Les extraordinaires résultats de CRISTA

Le principal objectif de CRISTA était de mesurer les structures à petite échelle apparaissant dans les distributions de gaz traces, représentant la signature de transport dynamique. Pour cela, les expérimentateurs ont créé la capacité de construire une carte tridimensionnelle de l'ozone. Les cartes montrées habituellement sont celles fournies par le vieux satellite américain Nimbus-7, qui ne donnent qu'une représentation bidimensionnelle de l'ozone : à un point donné de la planète correspond une épaisseur totale d'ozone se trouvant dans l'atmosphère au-dessus de ce point. Quant aux modèles des chimistes, leur représentation est monodimensionnelle et ne fait intervenir que les rapports de mélange entre différents constituants de l'atmosphère. Les premiers résultats de CRISTA, présentés le 6 novembre par la DARA, indiquent que ces modèles sont très éloignés de la réalité. Ces résultats

fondamentaux (c'est la première carte globale en trois dimensions de l'ozone planétaire) n'ont été présentés qu'après une année d'analyses approfondies.

Le Professeur Ulrich Grossman, de l'université allemande de Wuppertal, est le responsable scientifique de cette expérience. Il nous a notamment déclaré : « *Ce que nous remarquons dans toutes les émissions, ainsi que dans la densité d'ozone, c'est qu'il existe de grosses fluctuations de lieu en lieu et que la carte de distribution horizontale de l'ozone ressemble à une carte météorologique. Donc, lorsque les gens [les modélisateurs, NDLR] parlent de valeurs moyennes, c'est en quelque sorte inutile.* » Grossman déclare aussi que « *la couche d'ozone est très structurée, et ces structures se déplacent, cela peut se comparer à ce que l'on peut voir sur une carte météorologique.* »

Les images en trois dimensions montrent que la couche d'ozone est faite de structures complexes dynamiques, tourbillonnaires ou filamenteuses, qui changent rapidement. A l'inverse, les modèles informatiques utilisés par les catastrophistes utilisent des équations linéaires pour décrire la stratosphère comme un milieu homogène. Toute tentative de modélisation de processus complexes et non-linéaires, tels que ceux qui sont mis en évidence par CRISTA, en utilisant des valeurs moyennes et des équations linéaires, est vouée à l'échec, quelle que soit la taille et la puissance de l'ordinateur utilisé. Selon Ulrich Grossman, « *du fait de la non-linéarité des processus atmosphériques, vous commettez des erreurs lorsque vous prenez des valeurs moyennes. Quand vous arrivez à une précision de*

l'ordre du pour-cent, les erreurs que vous faites en utilisant des valeurs moyennes sont beaucoup plus grandes. »

C'est donc la méthodologie qui est fautive. Selon cette méthodologie (appelée modèle de Keating : c'est l'état de l'art utilisé pour prédire l'évolution de la couche d'ozone), l'ozone stratosphérique a une structure en bandes ; il n'y a donc pas de variation de densité d'ozone avec la longitude. Les cartes de CRISTA révèlent au contraire, à une altitude donnée, des fluctuations considérables d'un point de mesure à un autre. Des structures de grande taille (10.000 km²) apparaissent, ainsi que des structures plus petites (1000 km²), particulièrement dans les hautes latitudes. La carte de l'ozone apparaît comme un véritable patchwork. A la latitude de la Terre de feu, par exemple, à 30 km d'altitude, on voit apparaître une structure de taille moyenne contenant des quantités élevées d'ozone. Un peu plus à l'Ouest, au-dessus du Pacifique, sur la même latitude, une grande structure contient des quantités très basses.

L'une des découvertes les plus intéressantes réalisées par CRISTA est l'existence de structures tourbillonnaires à très petite échelle, jusqu'ici inconnues, qui emmènent les gaz de la surface jusqu'à l'atmosphère. « Il existe des structures très localisées, d'une centaine de kilomètres de diamètre. On les voit sur quelques kilomètres en altitude ; à côté d'elles, on n'observe rien. Elles fonctionnent comme une cheminée, transportant de l'air vers le haut ou vers le bas », explique Ulrich Grossman.

Ces résultats sont tout à fait cohérents avec les résultats rapportés dans une autre publication de chercheurs russes et norvégiens (*Geophysical Research Letters*, 1er décembre 1995, pp 3219-3222) qui démontre que l'épaisseur de la couche d'ozone au-dessus de la Russie est déterminée par la météorologie et non par la chimie. Kjell Henriksen, de l'université de Tromsø en Norvège, et Valentin Roldugine, de l'Institut de géophysique polaire de Russie, ont analysé une année d'échantillons pris chaque jour dans six stations de mesures situées en Russie orientale, à deux altitudes différentes. Ils ont découvert que les changements de la couche d'ozone étaient directement provoqués par les mouvements horizontaux et verticaux des masses d'air (c'est-à-dire par la dynamique des vents). Ils ont également pu montrer que la chimie

ne jouait aucun rôle. La théorie de Rowland est entièrement basée sur l'affirmation que les réactions chimiques stratosphériques déterminent l'épaisseur de la couche d'ozone.

L'article d'Henriksen et Roldugine se termine sur une attaque, polie mais ferme, contre Rowland et consorts : « La question de la soi-disant "déperdition d'ozone" doit être étudiée du point de vue de la variation à long terme de la circulation générale de l'atmosphère. Les modèles de "la déperdition", tels qu'ils sont résumés dans [les rapports de l'Organisation météorologique mondiale], doivent tenir compte du fait que les conditions météorologiques ont des effets importants sur la couche d'ozone, et qu'ils sont la principale cause des variations saisonnières, ainsi que des variations apparemment arbitraires à plus court terme, en densité et en température. » Une conclusion beaucoup plus radicale avait été proposée dans la version initiale de l'article, mais le journal *Geophysical Research Letters* a refusé de la publier : on n'attaque pas si facilement les vaches sacrées.

Hugh Elsaesser, le grand météorologue américain, rappelle que les principales baisses d'ozone de ces quinze dernières années ont eu lieu en-dessous de 25 km d'altitude. Les modélisateurs et les chimistes de l'atmosphère, qui prévoient que cette baisse aurait lieu vers 40 km d'altitude, sont incapables d'expliquer cette baisse sans l'apport des aérosols volcaniques (quantités inhabituelles d'acides sulfurique et nitrique). Pour Elsaesser, « il est beaucoup plus probable que la disparition d'ozone dans la basse stratosphère, alors qu'il n'y a pas de changement dans la moyenne stratosphère, pourtant plus active chimiquement, est due à des changements dans la circulation de l'air entre la troposphère et la stratosphère. »

Les résultats de CRISTA viennent conforter cette idée, selon laquelle les transports dynamiques jouent un rôle au minimum aussi important que la chimie dans l'évolution de la composition de l'atmosphère. Les ignorer, comme l'ont fait Rowland et Molina, c'est se condamner à ne décrire qu'une atmosphère virtuelle, existant dans les mémoires des ordinateurs sur lesquels « tournent » les modèles, mais pas dans la réalité. CRISTA a l'immense mérite de nous permettre d'accéder à l'atmosphère réelle, qui n'a rien à voir avec l'atmosphère virtuelle des modélisateurs.

Deuxième pavé

Ce pavé dans la mare des catastrophistes qui, Greenpeace en tête, alertaient constamment sur « l'épidémie de cancers de la peau provoquée par la baisse d'ozone » ne vient pas seul. Les éditions de l'INSERM viennent en effet de publier les contributions scientifiques présentées lors d'un séminaire international organisé à Paris par l'INSERM et d'autres institutions. 230 chercheurs ont débattu en mai 1994 de l'état de l'art de la recherche sur les effets des ultraviolets solaires ainsi que des moyens de les prévenir. Mais l'ouvrage* est bien davantage qu'une simple transcription des discours qui se sont tenus. A de nombreux égards, il apparaît comme une bombe dans le jardin des catastrophistes. Il peut servir de référence, venant des plus grands dermatologues de France et du monde.

Et tout d'abord, quant à l'exposition personnelle au soleil, F. Urbach, de l'université Temple (Etats-Unis), nous affirme que « l'élément déterminant est donc, principalement, le comportement individuel » et non l'évolution de la couche d'ozone. « Les personnes qui travaillent à l'extérieur ou celles qui pratiquent intensivement des sports de plein air peuvent s'exposer à des doses de rayonnement beaucoup plus fortes » que la moyenne. Cela est confirmé par T. Svemby et J. Moan, deux physiciens de l'université d'Oslo, qui affirment : « Les variations de la couverture nuageuse jouent un rôle beaucoup plus important que celles de la couche d'ozone dans les fluctuations du rayonnement ultraviolet. (...) Une baisse annuelle de la couche d'ozone de 0,37% par an sur une période de 16 ans (valeur comparable avec ce qui a été observé à Oslo) ne provoquerait pas plus de 5,9% de hausse des ultraviolets entre 1978 et 1993. Pendant cette période, le taux d'incidence du mélanome malin en Norvège a plus que doublé. Cet accroissement énorme ne peut en aucun cas être expliqué par la petite tendance à la baisse de la couche d'ozone. » Le mélanome malin cutané est le plus grave des cancers de la peau ; les autres formes de tumeurs (carcinomes des cellules basales ou squameuses) sont

*Ozone, soleil, cancer ; mécanismes moléculaires et cellulaires ; Prévention, L. Dubertret, R. Santus, P. Morlière, Les éditions INSERM, 224 pages, 250 francs.

plus facilement traitables. Le véritable problème de santé publique éventuel de la couche d'ozone est donc lié au mélanome, et c'est pourquoi nous nous attachons plus particulièrement à lui dans cette revue.

Un autre Norvégien, A. Dahlback, de l'Institut norvégien de la recherche sur le cancer, rappelle tout d'abord quelques vérités élémentaires que nous avons longtemps été les seuls à clamer : « *La vie sur Terre est adaptée à des variations très grandes du taux de fluence du rayonnement ultraviolet. Cela est principalement dû à la présence et à l'inductibilité de mécanismes de protection, puisque les UV peuvent provoquer des lésions chez la plupart des organismes vivants. (...) La région de l'Equateur reçoit annuellement cinq à dix fois plus de rayonnement UV biologiquement actif que la région au 70°N (nord de la Norvège). Du milieu de l'hiver au milieu de l'été au 60°N (et 60°S) l'exposition quotidienne aux UV augmente d'un facteur supérieur à 100. La fluence des UV varie de 0, à minuit, à des valeurs maximales, à midi. Les variations quotidiennes en été peuvent être d'un facteur supérieur à cinq, en raison des variations du niveau d'ozone et de la couverture nuageuse. En outre, les variations d'année en année, principalement dues aux conditions climatiques autres que la couche d'ozone, peuvent être de l'ordre de 10 à 15%, les variations de l'ozone contribuant pour un tiers environ.* »

Les variations des UV dues aux changements de la couche d'ozone sont donc ridiculement faibles au regard des variations naturelles. D'ailleurs, « *des expériences utilisant du phytoplancton naturel suggèrent qu'une augmentation de la fluence d'UV-B pendant une grande déplétion en ozone (150 unité Dobson, [soit une baisse de 50%, NDLR]) pourrait diminuer la production primaire quotidienne de 3,8% et annuelle de 0,2%.* » Que faut-il penser alors de ceux qui se tordent les mains en criant : « *sauvons la planète* » ? Les auteurs, conscients d'avoir lancé une bombe, vont chercher à l'atténuer un peu en déclarant : « *Les considérations précédents semblent indiquer que la vie peut tolérer la plupart des différentes variations du taux de fluence des UV. Cependant, au début de l'été, quand un trou d'ozone vient à apparaître, les mécanismes de protection biologique ne sont pas encore pleinement développés après un hiver sombre. Les hommes en font l'expérience par*

une grande disposition aux coups de soleil. Ainsi, en cette saison, une déplétion en ozone au-dessus d'Oslo similaire à celle mesurée au-dessus de la Terre de Feu (à une latitude Sud semblable) en 1991 pourrait conduire à une fluence quotidienne en UV aussi élevée fin avril qu'au milieu de l'été. (...) Cela pourrait être à l'origine d'une haute fréquence des coups de soleil et par la suite d'un niveau élevé des taux d'incidence des mélanomes malins cutanés (MMC). »

Encore que ceci repose sur des hypothèses. Car, concluent les auteurs « *si l'induction du MMC est régie par le spectre du mélanome de Xiphophorus [un poisson sur lequel on a testé la fréquence de mélanomes en fonction de la longueur d'onde du rayonnement auquel il était soumis, NDLR], une déperdition d'ozone n'entraînerait pratiquement pas d'augmentation de la fluence du rayonnement solaire mélanogène.* »

Le cancer de la peau n'a rien à voir avec l'ozone

Et de conclure en titre de chapitre : « *Les taux accrus de MMC ne sont pas dus à une déperdition d'ozone.* » La raison est évidente : « *la tendance à l'augmentation des UV observée de 1968 à 1990 est trop faible (seulement quelques pour cent) pour être mise en cause dans le triplement des taux d'incidence du MMC observé dans la même période. Ainsi, les taux accrus de cancers de la peau semblent être dus à des changements d'habitudes vis-à-vis de l'exposition au soleil. En effet, la tendance à l'augmentation du MMC en Norvège est plus faible pour le MMC survenant sur le visage et plus importante pour le MMC apparaissant sur la poitrine des femmes, probablement en raison du port du maillot de bain sans soutien-gorge après 1970.* »

Le mot est lâché ! « *Cachez ce sein que les militants anti-cancer que nous sommes ne sauraient voir* » semblent dire les auteurs... Ce n'est pas l'industrie, par ses CFC, mais bien la culture hédoniste de Woodstock, par les sectes des adorateurs du soleil auxquelles elle a donné naissance, qui est à l'origine de l'augmentation des cancers de la poitrine chez les femmes. En Norvège, le nombre de mélanomes malins localisés sur les seins est passé, entre 1972 et 1988, de 0,4 cas à 4 cas pour 100.000 habitants. On

note aussi que les mélanomes localisés sur le tronc ou sur les membres inférieurs croissent beaucoup plus vite que ceux situés sur la tête et le cou, ce qui accredit « *l'hypothèse selon laquelle l'exposition intense, intermittente, au soleil (pendant les vacances et les loisirs) est particulièrement mélanogénique.* » Cela va aussi dans le sens de ce que de nombreux chercheurs soupçonnent depuis quelques années : les UV-B ne sont pas les seuls responsables de l'apparition du cancer et la partie plus basse du spectre solaire, les UV-A, jouent également un rôle important. Cette partie basse du spectre est celle à laquelle on s'expose intensément lorsque l'on se rend dans une cabine de bronzage ou lorsque l'on s'allonge sur une plage pour y griller, tartiné de crème à bronzer qui ne bloque que les UV-B.

La conclusion générale de l'ouvrage est très claire : « *L'incidence accrue des cancers de la peau provoqués par les UV (...) est à mettre sur le compte, essentiellement, des changements d'habitude et de mode de vie pendant les mois d'été.* » Mais les auteurs vont encore plus loin, reprenant l'argumentation de Hugh Elsaesser, l'un des signataires de l'appel lancé par Haroun Tazieff et Fusion. Ils déclarent que la baisse de la couche d'ozone pourrait bien, quelle qu'en soit la cause et si elle se confirme, s'avérer bénéfique pour l'humanité : « *Une déplétion en ozone aura pour conséquence une augmentation de la synthèse de la vitamine D dans la peau humaine, au moins chez les individus qui s'exposent d'eux-mêmes à des doses de rayonnement bien en dessous du seuil de l'érythème [le coup de soleil, NDLR]. Parce que la vitamine D semble avoir un effet protecteur contre le développement de plusieurs formes de cancer, y compris le cancer du sein, le cancer de la prostate et le MMC, une déplétion en ozone peut aussi avoir un effet bénéfique, essentiellement aux personnes qui sont peu exposées au rayonnement solaire. (...) Une amélioration de la place de la vitamine D pourrait également avoir un rôle préventif vis-à-vis de l'ostéomalacie chez les personnes âgées.* » Autrement dit, une augmentation de l'insolation ultraviolette serait bénéfique pour tous ceux qui s'exposent raisonnablement au soleil. Elle ne serait donc dangereuse que pour les fanatiques du bronzage, qui seraient de toute façon exposés, même si la couche d'ozone restait stable. ■