

Science & Vie d'aujourd'hui

▼ Cette carte de la pollution aux aérosols (fumées noires) en 2006 montre bien qu'au-dessus de l'Europe et de l'Amérique du Nord, l'atmosphère est dépolluée...

CLIMAT

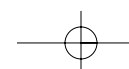
Par Boris Bellanger

La dépollution accentue le réchauffement

Lancée dans les années 1990, la chasse aux polluants industriels comme le dioxyde de soufre est en passe d'être gagnée. Mais un effet pervers inattendu vient assombrir ce succès : privée d'aérosols, l'atmosphère laisse davantage passer les rayons du soleil, ce qui aggrave le réchauffement. Que faire ? Arrêter de dépolluer ? Dilemme.

Qui se souvient encore des pluies acides ? De ces forêts d'Europe du Nord aux arbres rongés, et de ces lacs désertés par toute forme de vie ? Si ces images, qui renvoient aux années 1980, apparaissent aujourd'hui lointaines, c'est parce que des réglementations draconiennes ont été adoptées en Europe et en Amérique du Nord afin de réduire les émissions des gaz impliqués dans les pluies acides, au premier rang desquels le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NOx). Et avec succès ! Grâce à la réduction en amont de la quantité de soufre présente dans les combustibles fossiles, et au traitement en aval des fumées des grandes centrales thermiques et électriques, les émissions de ces polluants dans l'atmosphère se sont effondrées. Les scientifiques peuvent donc se féliciter d'avoir tiré la sonnette d'alarme à temps, et les politiques d'avoir su imposer les mesures nécessaires pour enrayer le problème. Sauf que, →

MASTER © PARIS/URBA IMAGES SERVER - NASA/NOOIS - M. KONTIENE



Science & Vie d'aujourd'hui

Les pluies acides ont été trop vite montrées du doigt

Lorsque, dans les années 1980, sapins, épicéas et pins sylvestres montrent des signes de dépérissement dans les forêts d'Europe et d'Amérique du Nord, l'angoisse se propage rapidement et les pluies acides, dues à la réaction du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote avec les gouttelettes d'eau, sont unanimement montrées du doigt. Un peu vite... "Une bonne partie de ce que l'on a observé à l'époque n'avait en fait pas de rapport avec la pollution atmosphérique, révèle Guy Landmann, qui a dirigé le programme interministériel Deforpa (Dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique). S'il est difficile de quantifier la contribution des différents acteurs, y compris la pollution, il apparaît que les stress naturels, tels la sécheresse ou les insectes ravageurs, et la sylviculture ont eu une influence prépondérante." A titre d'exemple, la canicule de 2003 a entraîné une vague de mortalité dans les forêts européennes bien plus importante qu'aux pires moments de la crise des pluies acides. Il n'en demeure pas moins que "la pollution atmosphérique a eu des effets sur le long terme loin d'être négligeables, insiste Guy Landmann. L'acidification des sols et des cours d'eau s'est ainsi accompagnée d'une altération durable de la composition de la flore et de la faune dans ces écosystèmes".



"L'assombrissement global, dû à une pollution croissante, a masqué l'augmentation de l'effet de serre liée au CO₂"

MARTIN WILD, CLIMATOLOGUE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE ZÜRICH

→ revers de la médaille, ces bonnes résolutions ont malheureusement eu un effet secondaire inattendu... "Nous estimons que la réduction de la pollution de l'air a fortement contribué à l'augmentation rapide des températures enregistrée en Europe au cours des 25 dernières années, assène Christian Ruckstuhl, de la Scripps Institution of Oceanography (Etats-Unis), qui vient de publier cette conclusion à première vue paradoxale.

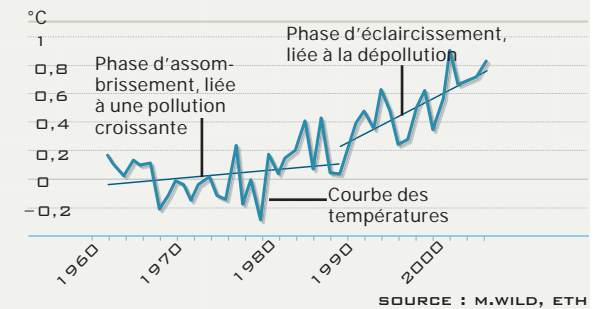
QUID DES AÉROSOLS GÉNÉRÉS PAR L'HOMME ?

Un air plus propre est-il un air plus chaud ? Quels liens entretiennent ces polluants et le réchauffement climatique ? Ce que l'on sait, c'est que, sous l'effet de réactions chimiques dans l'atmosphère, les oxydes de soufre ou d'azote forment des aérosols, ces particules solides ou liquides en suspension dans l'air. Ces derniers s'ajoutent ainsi aux aérosols naturellement présents dans l'atmosphère : poussières désertiques, embruns, cendres volcaniques ou fumées de feux de végétation. Or les aérosols, qu'ils soient naturels ou liés à l'activité de l'homme, ont globalement un effet refroidissant pour la Terre. "Selon leur composition, les aérosols peuvent absorber le rayonnement solaire – c'est le cas pour le carbone suie – ou le réfléchir en partie vers l'espace – c'est le cas des aérosols sulfatés, détaille Martin Wild, climatologue de l'Ecole polytechnique fédérale (ETH) à Zurich (Suisse). L'un comme l'autre ayant pour conséquence de ré-



< Des techniques de désulfuration des fumées d'usines ont été mises en place, limitant les rejets de plus de 90%.

Les variations de température depuis 1958 sont liées au taux de pollution atmosphérique



cette baisse atteint de 2 à 10 % par décennie sur la période 1960-1990. En 2001, le phénomène est baptisé "global dimming" (assombrissement global) par le chercheur israélien Gerald Stanhill. Mais en 2005, revirement de situation ! Martin Wild et ses collègues de l'ETH constatent qu'il y a eu une inversion de cette tendance au-dessus de l'Europe et de l'Amérique du Nord à partir des années 1990. Cette nouvelle phase est baptisée "brightening" (éclaircissement). Pour les scientifiques, la cause de ces fluctuations n'est pas à chercher du côté du Soleil, car les satellites auraient détecté des variations aussi importantes dans la lumière émise par notre étoile. Alors d'où viennent-elles ?

En 2006, David Streets, climatologue de l'Argonne National Laboratory (Etats-Unis), lève un coin du voile à l'aide d'une simulation numérique prenant en compte l'abondance des aérosols naturels ou issus de la pollution présents dans l'air. Il montre en effet que le dioxyde de soufre et le carbone suie émis par l'activité humaine sont responsables pour 30% de l'influence des aérosols sur la transparence de l'atmosphère, alors qu'ils représentent moins de 1% de la totalité des aérosols. Explication : plus petits, ils réfléchissent davantage les rayons lumineux que les grains de sable ou les embruns. Mais surtout, David Streets note que l'évolution des émissions de ces polluants, à l'échelle globale comme régionale, reflète fidèlement celle du rayonnement solaire perçu à la surface de la Terre. De fait, le phénomène d'éclaircissement est surtout observé au-dessus de l'Europe et de l'Amérique du Nord, là →

duire la quantité d'énergie solaire reçue à la surface de la Terre." C'est ce que les scientifiques appellent l'effet direct des aérosols, ou "effet parasol". Et les aérosols font aussi indirectement barrage à la lumière du soleil car, en jouant le rôle de noyau de condensation, ils influencent la formation des nuages. S'il y a beaucoup d'aérosols, cela génère de nombreuses petites gouttes, donc des nuages plus réfléchissants et à la durée de vie plus grande, car les petites gouttes précipitent plus difficilement. La question est donc de savoir à quel point les aérosols issus de la pollution générée par les activités humaines participent à l'effet refroidissant global des aérosols sur le climat.

Question longtemps restée sans réponse, et qui, de toute façon, ne se posait pas dans les années 1980, lorsque la décision a été prise de limiter la pollution industrielle. A l'époque, une poignée de scientifiques remarque juste que la quantité de rayonnement solaire parvenant à la surface des continents diminuait d'année en année depuis la fin des années 1950. Après une phase de désintérêt, la réalité et l'extension géographique du phénomène sont reconnues : selon les régions du monde,

> FAITS & CHIFFRES

Entre 1990 et 2005, l'Europe a divisé par trois ses émissions de dioxyde de soufre. Principal acteur de cette réduction, l'Allemagne, responsable de 1/5 des émissions en 1990, les a divisées par dix. Principaux secteurs émetteurs : production d'électricité et de chaleur (53%), industries manufacturières et de construction (15%), et raffinage du pétrole (9%). Le lavage des fumées permet aujourd'hui de réduire les rejets de soufre liés à l'utilisation de combustibles fossiles de 90 à 98%.

Science & Vie d'aujourd'hui

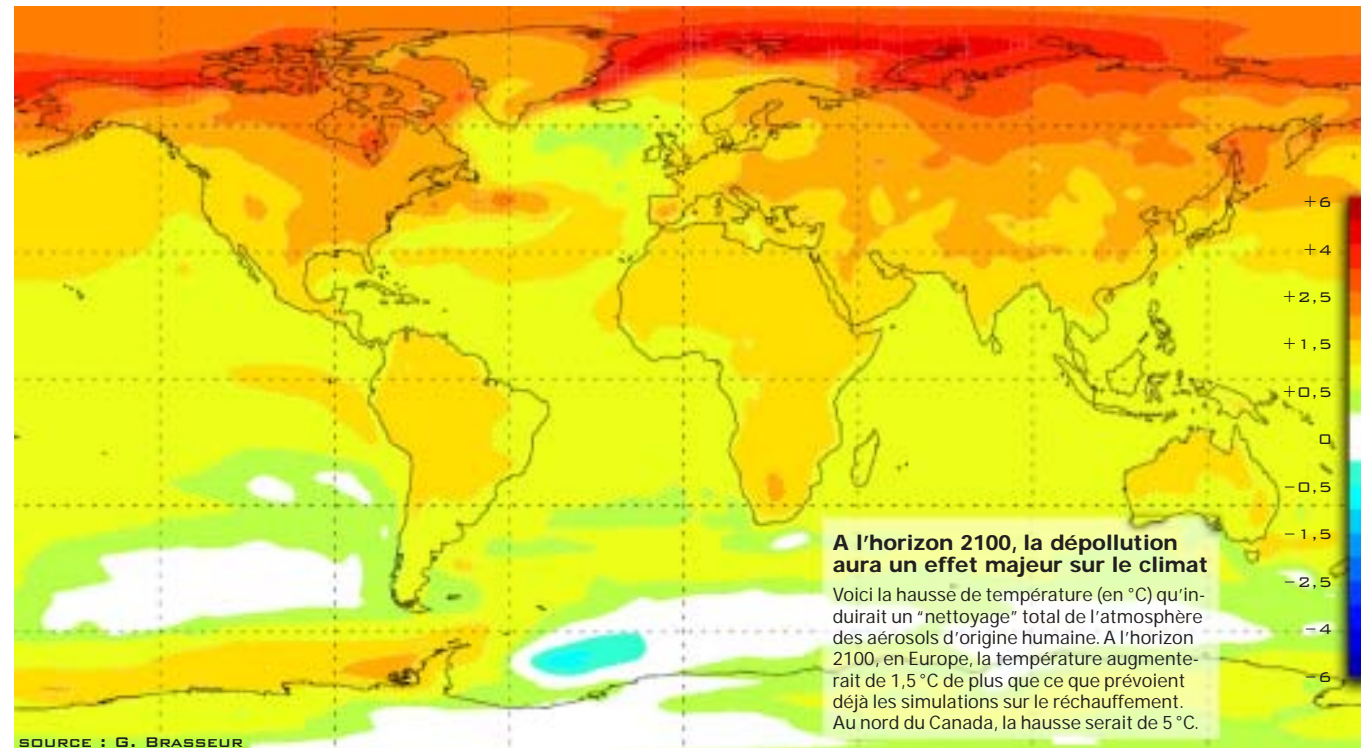


“ Si l'on stoppait toutes les émissions de SO₂ liées à l'activité humaine, la température monterait de 1 °C en deux ans ! ”

GUY BRASSEUR, DU NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH

→ où les normes strictes de rejets de polluants et aussi l'effondrement de la production industrielle dans les pays de l'ex-URSS se sont soldés par un air plus pur. Alors que la Chine ou l'Inde, en phase de développement industriel, sont elles de plus en plus obscurcies par leurs émissions de soufre et de suie. Le lien étroit entre pollution et machine climatique est donc établi : moins de pollution implique plus de rayonnement solaire au sol, et inversement.

S'il existe bien un problème de pollution, preuve est faite qu'il en existe aussi un de dépollution ! Et qui est loin d'être anodin, si l'on en croit l'étude publiée en 2007 par Martin Wild, qui montre que la température moyenne globale au-dessus des continents a augmenté dix fois plus vite lors de la phase d'éclaircissement que lors de la phase d'assombrissement (voir graphique p.61). “ Ce qui signifie que l'assombrissement global, favorisé par l'accroissement de la pollution de l'air, a efficacement masqué l'augmentation de l'effet de serre associée aux émissions de CO₂ jusqu'au milieu des années 1980, explique Martin Wild. Mais cette atténuation fonctionne bien moins depuis que l'on a commencé à nettoyer l'atmosphère. Et contrairement aux décennies précédentes, la récente et rapide montée des températures reflète cette fois la pleine magnitude de l'effet de serre. ” Autant dire que faute de parasols, il faut s'attendre à de chauds lendemains. Alors quoi, faut-il arrêter de lutter contre la pollution atmosphérique ? “ En réalité, on a eu un peu de chance



SOURCE : G. BRASSEUR

d'avoir de la pollution pour limiter le réchauffement climatique, confirme Guy Brasseur, du National Center for Atmospheric Research (Etats-Unis). Mais les aérosols sont tellement nocifs pour la santé qu'on ne peut pas imaginer faire marche arrière sur cette question. ” L'Organisation mondiale de la santé estime en effet que la pollution de l'air est responsable de plus de 500 000 décès par an dans le monde. Comment concilier alors la nécessité vitale de réduire la pollution de l'air avec celle tout aussi indispensable de limiter l'ampleur du réchauffement global ? D'autant que le changement climatique en cours pourrait aussi s'accompagner d'effets délétères pour la santé des populations (par le développement de maladies émergentes, l'extension géographique de maladies infectieuses, ou l'augmentation d'épisodes climatiques extrêmes). Au point qu'en fait, réduire comme nous le faisons la pollution industrielle pour des raisons de santé publique pourrait finalement s'avérer être une mesure aggravante !

DÉPOLLUER RESTE LA PRIORITÉ, MAIS À QUEL PRIX ?

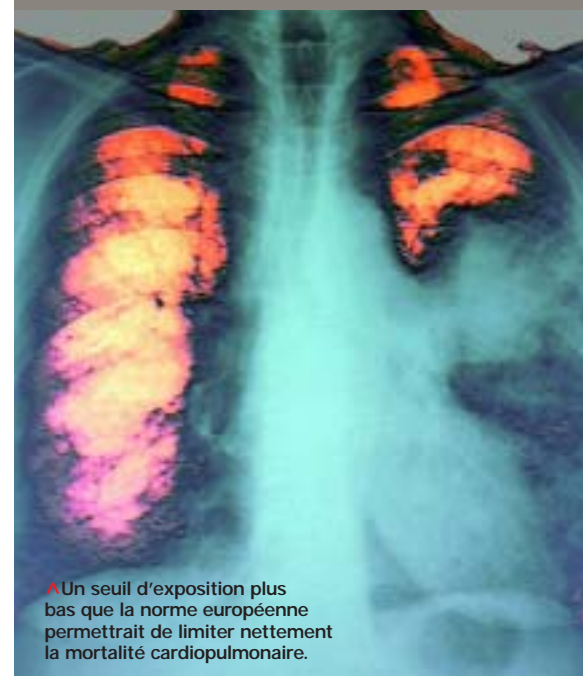
Reste qu'il est difficile, voire impossible, de faire la balance entre l'impact sur la santé de la pollution d'une part, et du réchauffement à venir de l'autre. La priorité est donc donnée actuellement à la réduction de la pollution atmosphérique. Jusqu'à quel point ? La réponse devra prendre en compte les résultats des simulations réalisées par Guy Bras-

seur: nettoyer complètement l'atmosphère des aérosols d'origine humaine aurait un effet majeur sur le climat (voir carte ci-dessus). “ Si l'on arrêta toutes les émissions de dioxyde de soufre liées à l'activité humaine, la température moyenne au sol augmenterait extrêmement vite : près de 1 °C en deux à trois ans. ” A l'horizon 2100, cela donne pour l'Europe 1,5 °C de plus que dans la situation où l'on ne se préoccupe pas de la pollution atmosphérique. Et jusqu'à +5 °C pour le nord du Canada ou de la Sibérie !

Au vu de ces chiffres alarmants, on pourrait presque être tenté de regretter le bon vieux temps où les usines déversaient sans retenue leurs gaz toxiques ! Et même envisager qu'un jour la Chine et l'Inde obtiennent, par le biais des mécanismes de compensation, le droit d'émettre encore plus de CO₂ contre la promesse de rejeter des quantités toujours plus grandes de soufre dans l'atmosphère ! Nous n'en sommes pas là. Pour les climatologues, la solution est tout autre : il faut réduire encore plus drastiquement que ce que l'on pensait les émissions de gaz à effet de serre. “ En Europe, on dit que pour limiter la hausse des températures à 2 °C, il ne faut pas que la teneur en CO₂ dans l'atmosphère dépasse 450 ppm, rappelle Guy Brasseur. C'est vrai, mais seulement si la quantité d'aérosols reste constante. Mais si en même temps vous nettoyez l'atmosphère des aérosols issus de l'activité humaine, on risque de passer largement au-dessus des 2 °C ! ” Les objectifs de réduction sont donc à revoir à la hausse. ■

Des normes de qualité de l'air pas assez strictes...

“ Nous recommandons vivement aux autorités de l'Union européenne de tenir compte des preuves scientifiques accumulées et de prendre des mesures plus ambitieuses afin d'assurer la santé de la population. ” Telle est la conclusion de la pétition lancée par les membres de l'APHEIS, un réseau de chercheurs coordonné par l'InVS et chargé d'évaluer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Europe. En cause ? La directive européenne sur la qualité de l'air, adoptée en avril, qui fixe le plafond d'exposition aux particules fines de diamètre inférieur à 2,5 micromètres (dites PM 2,5). Ces particules sont issues de la pollution industrielle (notamment par transformation des oxydes de soufre et d'azote dans l'atmosphère), du transport routier et du chauffage domestique, et sont responsables d'environ 5 % de la mortalité cardiopulmonaire et par cancer des poumons dans le monde selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Le seuil retenu par la directive est de 25 microgrammes par mètre cube d'air (µg/m³) pour l'ensemble du territoire et 20 µg/m³ pour les zones urbaines. Encore beaucoup trop aux yeux des épidémiologistes de l'APHEIS qui ont calculé, sur 26 grandes villes européennes, que passer ce seuil à 10 µg/m³, comme proposé par l'OMS, permettrait d'éviter 22 000 décès par an contre 4 400 seulement si l'on applique la réglementation. Selon le bilan de la qualité de l'air 2007 en France, la moyenne annuelle sur un ensemble de villes est déjà de l'ordre de 15 µg/m³...



▲ Un seuil d'exposition plus bas que la norme européenne permettrait de limiter nettement la mortalité cardiopulmonaire.