

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Herausgeber:** Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique  
**Band:** - (2000)  
**Heft:** 47

**Artikel:** L'illusion des orages purificateurs  
**Autor:** Matuschak, Bernhard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-971485>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# L'illusion des orages purificateurs

PAR BERNHARD MATUSCHAK  
PHOTOS KEYSTONE ET EPF ZÜRICH

D'énormes nuages toxiques contenant de l'oxyde d'azote dont l'origine était encore inexpliquée jusqu'ici, se déplacent au-dessus de la terre. Des scientifiques de l'EPF de Zurich ont enfin résolu l'énigme.

**D**ans le débat actuel sur les impacts humains du changement climatique, le trafic aérien essuie de plus en plus le feu des critiques. Les gaz d'échappement des avions long courrier, de plus en plus nombreux, sont libérés pour l'essentiel dans la tropopause, zone de transition située entre 10 000 et 12 000 mètres d'altitude. Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) jouent un rôle clé sur le climat dans cette couche atmosphérique, car le  $\text{NO}_x$  est un facteur important dans le processus de formation photochimique de l'ozone. Durant ce processus, l'ozone, un gaz à effet de serre très actif à ces altitudes, se forme à partir de ces oxydes d'azote en quelques jours seulement.

Croissante depuis quelques décennies dans la troposphère (du sol jusqu'à 12 km de hauteur), la teneur en ozone est une conséquence directe de la production par l'homme de substances toxiques, en particulier les oxydes d'azote. On ne disposait jusqu'ici que



de modèles mathématiques pour évaluer dans quelle mesure le trafic aérien en portait la responsabilité. Seuls, quelques rares vols de recherche avaient permis de réaliser des mesures.

### Mesures continues en vol

Johannes Staehelin, Dominik Brunner et Dominique Jeker, physiciens à l'Institut de physique de l'atmosphère de l'EPF de Zurich, ont réussi pour la première fois à effectuer une série de mesures continues de la concentration en oxyde d'azote dans la tropopause sur une période longue, dans le cadre du projet Noxar (Nitrogen Oxides and Ozone Measurements along Air Routes). Ils ont conçu et construit en coopération avec la société ECO Physics de Dürnten un appareil de mesure hautement sensible de 500 kg, capable de détecter des concentrations de substances nocives de l'ordre de dix molécules d'oxyde d'azote sur un trillion (ou «ppt», partie par trillion). Afin d'obtenir des données significatives pour une vitesse de déplacement de 250 mètres par seconde, une excellente résolution temporelle était nécessaire. Parce que les concentrations en substances nocives sont soumises à de fortes fluctuations à l'altitude des vols, par exemple lorsque l'avion de mesure croise la traînée de gaz d'échappement d'une autre machine.

L'appareil a été installé à l'arrière d'un Boeing 747 de la compagnie Swissair. L'air environnant était pompé par des détecteurs sortant d'une fenêtre à l'arrière de l'avion. Il a été veillé que l'air de la cabine ainsi que les gaz d'échappement de l'avion ne perturbent pas les mesures.

L'avion suivait la route de l'Atlantique nord vers les USA ainsi qu'entre Zurich, Bombay et Hongkong. Les quantités en oxyde d'azote ont été enregistrées au cours de 700 vols, trois années durant. Les chercheurs ne sont pas une seule fois allés eux-mêmes dans les airs. Le fonctionnement de l'appareil est en effet entièrement automatique, la mise en marche et l'arrêt étant couplés à la fonction des volets d'envol et d'atterrissage. Toutes les semaines à deux semaines, les données de mesure ont été recueillies lors d'une escale à Zurich.

Lorsque Johannes Staehelin a jeté un premier regard sur les mesures, il a été très surpris: «L'air qui se trouve dans la tropopause est considéré comme relativement propre, et sur la base des mesures réalisées jusqu'ici lors de vols de recherche, nous nous attendions à des concentrations de quelques centaines de ppt au maximum. Or, nous avons mesuré des valeurs allant jusqu'à 5000 ppt.»

### Valeurs stables

Plus surprenant, les valeurs élevées en  $\text{NO}_x$  apparaissaient non seulement comme événements extrêmes et courts, mais restaient aussi stables sur des centaines de kilomètres. «Nous avons enregistré des nuages de substances nocives dont la longueur s'élevait entre 100 et 1300 kilomètres et dont la concentration moyenne en oxyde d'azote dépassait de 700 ppt les valeurs de référence normales. Comparées avec les concentrations types mesurées l'après-midi, au sol, dans des zones moyennement polluées de Suisse, ces valeurs sont considérables.»

### La faute aux éclairs

Quelle en est la cause et comment se forment les nuages d'oxyde d'azote? Le trafic aérien semble hors de cause. Les chercheurs ont trouvé l'explication en consultant des données météorologiques sur l'origine et l'évolution des masses d'air observées. Ainsi, les nuages d'air pollué semblent se former au sein de systèmes dits de convection, donc des orages et des fronts. Au moyen de photos prises par satellite et de cartes météorologiques, Dominique Jeker a pu reconstituer le parcours des nuages «toxiques». Il a pu démontrer que les formations d'air avaient traversé un système de fronts. Au cours de ce passage, des oxydes d'azote ont été formés par les éclairs dans les nuages d'orage et ont transité dans des couches supérieures. Le chercheur a également réussi à prouver que les nuages de  $\text{NO}_x$  persistaient durant plusieurs jours dans l'atmosphère et qu'ils pouvaient ainsi être propulsés par les courants d'air sur des centaines de kilomètres.

Le fait que les éclairs et le transport vers le haut de substances nocives émises au sol contribuent à augmenter la pollution en oxyde d'azote de la troposphère supérieure, est connu mais n'avait jusqu'ici pas été quantifié. «Nous savons à présent que le trafic aérien ne joue aucun rôle dans la formation de nuages de substances nocives se trouvant aux altitudes de vol», conclut Dominik Brunner.

Néanmoins le scientifique ne donne pas carte blanche au trafic aérien. Il estime en effet que celui-ci contribue à la présence de concentrations en oxydes d'azote dans les régions de la tropopause. Des études réalisées sur des modèles numériques indiquent des valeurs situées entre 15 et 50% selon les saisons. «L'effet des oxydes d'azote sur le climat est beaucoup plus grave à cette altitude en atmosphère propre qu'en atmosphère déjà polluée. Ainsi, plus le trafic aérien augmentera, plus sa signification en tant que source de substances nocives prendra d'importance.» ■

Le détecteur de polluants (en haut) est relié à l'appareil de mesure installé dans l'avion.

