



**HAL**  
open science

## 30 ans du Protocole de Montréal : retour sur le sauvetage de la couche d'ozone

Cathy Clerbaux

► **To cite this version:**

Cathy Clerbaux. 30 ans du Protocole de Montréal : retour sur le sauvetage de la couche d'ozone. 2017. insu-01781501

**HAL Id: insu-01781501**

**<https://insu.hal.science/insu-01781501>**

Submitted on 29 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## 30 ans du Protocole de Montréal : retour sur le sauvetage de la couche d'ozone

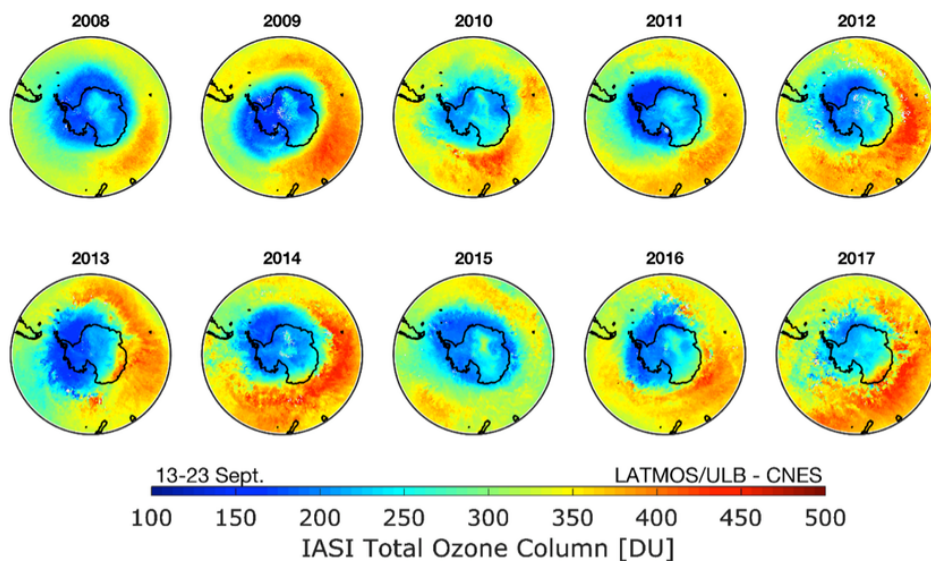
4 octobre 2017, 23:06 CEST • Mis à jour le 8 octobre 2017, 11:57 CEST

### Auteur



#### Cathy Clerbaux

Directeur de recherche au CNRS, laboratoire LATMOS, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Sorbonne Université



Concentration d'ozone (en unités Dobson) mesurées mi-septembre depuis 10 ans par le sondeur infrarouge IASI à bord du satellite Metop. L'amplitude et la répartition géographique du trou (en bleu) varie en fonction des conditions météorologiques. Anne Boynard/LATMOS, CC BY-NC-ND

Comme tous les ans vers la fin du mois de septembre, le trou d'ozone est revenu. C'est à cette époque en effet que toutes les conditions sont réunies pour qu'il se reforme au-dessus de l'Antarctique. Durant trois mois (septembre-novembre) les concentrations d'ozone descendent sous les 220 unités Dobson.

Pourtant, on n'en parle presque plus de ce trou hautement médiatisé. Terminés les petits logos

« Préserve la couche d'ozone » qu'on trouvait presque partout sur les déodorants il y a encore une quinzaine d'années. Pour les scientifiques, c'est une affaire classée, ou presque.

Mais cette année, on fête un évènement en lien avec le trou d'ozone qui mérite toute notre attention, à savoir les 30 ans du **Protocole de Montréal**. Signé en septembre 1987, ce texte résulte d'une coordination exemplaire entre scientifiques, industriels et décisionnaires politiques. Ce fut le premier protocole environnemental à atteindre la ratification universelle. Ce traité et les amendements qui ont suivi vont permettre d'éliminer complètement les substances qui détruisent la couche d'ozone.

Dans le contexte actuel où, malgré l'accord de la COP21 à Paris et malgré l'urgence de mettre en place des solutions qui limitent le réchauffement atmosphérique, les décisions sont difficiles à concrétiser, il est utile de se remémorer l'épopée scientifique qui a conduit à la mise en place du Protocole de Montréal.

## **Indispensable ozone**

L'ozone (O<sub>3</sub>) nous protège du rayonnement solaire en absorbant, dans les hautes couches de l'atmosphère (entre 10 et 50 kilomètres au-dessus du sol terrestre), les rayons ultraviolets les plus puissants. Sans ozone, pas de vie sur terre donc.

Les processus chimiques produisant et détruisant ce composé atmosphérique qui remplit la stratosphère sont connus depuis longtemps et l'on réalise des mesures de l'ozone depuis l'entre-deux-guerres. À partir des années 1980, les dispositifs pour surveiller l'ozone s'étoffent : instruments basés au sol, ballons-sondes lâchés régulièrement par les instituts météorologiques, et satellites qui permettent d'observer la distribution d'ozone à l'échelle du globe.

Dans ces années 1980, l'inquiétude du côté des scientifiques concerne l'impact des vols supersoniques et autres perturbations possibles dans cette couche atmosphérique stable et moins sujette au mélange de masses d'air que les couches proches de la surface de la Terre.

## **Énigme au-dessus de l'Antarctique**

En 1984, une découverte vient bousculer les priorités de nombreux chercheurs : deux équipes indépendantes, l'une japonaise, l'autre américaine rapportent en effet avoir observé une diminution systématique de l'ozone au-dessus de l'Antarctique en octobre ; une diminution qui s'amplifie d'année en année. La surprise provient d'abord du fait que cette chute de concentration soit observée dans une région du globe qui ne devrait pas être affectée par les émissions associées aux activités humaines.

Les soupçons se portent rapidement sur les composés chlorés et bromés et tout particulièrement sur les chlorofluorocarbures (CFCs) et les halons ; ces composés industriels « magiques » produits dans les années 1970 pour répondre à nos besoins en termes de gaz propulsants, de réfrigération/climatisation, de fabrication de mousses, d'extincteurs, etc. Ils présentent l'avantage d'être très stables (ils persistent dans l'atmosphère entre 50 et 100 ans) et ne sont pas nocifs pour la santé. Mais à l'inverse de la plupart des polluants introduits par les activités humaines, ils ne sont pas détruits dans la troposphère et peuvent donc atteindre la stratosphère.

Des chimistes – qui obtiendront plus tard le prix Nobel pour cette découverte – ont montré en laboratoire que les atomes de chlores et de bromes peuvent s'associer aux molécules d'ozone et entraîner leur destruction.

Mais les scientifiques ne sont pas au bout de leurs surprises. Comment expliquer que cette destruction massive ne se produise qu'au-dessus du pôle Sud ? Et comment se fait-il que les satellites n'aient pas donné l'alerte ? Pour ces derniers, on s'aperçoit que les codes informatiques qui traitent les observations et écartent les données aberrantes, ont systématiquement rejeté les valeurs mesurées car beaucoup trop basses par rapport à ce qui était attendu comme concentration habituellement mesurée aux pôles. Des campagnes d'observations sont alors organisées pour mieux comprendre le phénomène ; l'ozone est alors mesuré à différentes altitudes à l'aide de ballons-sondes et d'avions.

Ces observations indiquent que l'ozone est totalement détruit entre 15 et 20 kilomètres (d'où le terme « trou d'ozone »). Mais pourquoi cette disparition n'est-elle pas aussi importante plus haut en altitude, en particulier autour de 25 km où l'ozone est le plus abondant ?



L'interdiction des gaz CFCs a permis de stabiliser la formation du trou dans la couche d'ozone. [PiccoloNamek, CC BY-SA](#)

## **1985, année charnière**

L'énigme est résolue en 1985 et fait intervenir trois ingrédients : la dynamique stratosphérique qui emprisonne les masses d'air très froides sous forme de vortex durant l'hiver ; l'apparition de nuages spécifiques quand les températures à l'intérieur du vortex atteignent environ les  $-80\text{ °C}$  (nuages stratosphériques polaires) ; enfin, le retour du soleil au printemps qui va enclencher une série de

réactions catalytiques hétérogènes à la surface de ces nuages en faisant intervenir des composés chlorés et bromés stables qui se sont accumulés au cours des semaines précédentes.

À partir de là, tout s'enchaîne rapidement : dès 1985, les Nations unies adoptent la **Convention de Vienne** pour la protection de la couche d'ozone ; le texte reconnaît la nécessité d'accroître la coopération internationale en vue de limiter les risques que les activités humaines font courir à la couche d'ozone. C'est ce texte qui débouchera sur le **Protocole de Montréal** deux ans plus tard.

Les industriels proposent des substituts plus réactifs qui seront détruits avant d'atteindre la stratosphère tandis que la communauté scientifique s'organise pour délivrer tous les quatre ans les **rapports scientifiques** qui font autorité et rassemblent toutes les informations disponibles concernant l'ozone et son évolution.

Aujourd'hui, le trou d'ozone n'a pas encore disparu car une quantité significative de CFCs et de halons persistent dans la stratosphère ; mais leurs concentrations sont en chute libre et les scientifiques considèrent aujourd'hui que la couche d'ozone est « en rémission ».

Les mesures montrent ainsi que le trou d'ozone ne s'étend plus et que depuis quelques années il commence à se résorber. Les projections sur la base des connaissances actuelles prédisent un retour à l'équilibre quelque part entre **2060** et **2080** le temps que toutes les substances responsables aient disparu de la stratosphère.

## **Après l'ozone, le climat ?**

Le parallèle avec le réchauffement climatique saute ici aux yeux. On sait depuis longtemps que les gaz qui piègent le rayonnement infrarouge et sont émis par les activités humaines sont responsables de l'augmentation des températures observées.

Les **rapports du GIEC** rassemblent l'état des connaissances scientifiques à destination des décideurs tous les quatre à cinq ans. Des accords internationaux ambitieux ont été mis en place, avec le protocole de Kyoto et l'accord universel pour le climat signé lors de la **COP21**, afin de maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en dessous de 2 degrés.

Mais il y a une différence et elle est de taille : il ne suffit pas en effet de convaincre quelques industriels de trouver des substituts ad hoc ; il s'agit de revoir complètement le fonctionnement de nos sociétés dépendantes des énergies fossiles. En attendant, les scientifiques continuent à accumuler des données et à faire des projections de plus en plus précises pour se préparer à un futur inévitablement plus chaud.



climat

GIEC

Prix Nobel

COP21

Antarctique

pollution de l'air

ozone

Protocole de Montréal