



BULLETIN DE L'OMM SUR L'OZONE ET LE RAYONNEMENT



Avant-propos

Petteri Taalas, Secrétaire général de l'OMM

Jusqu'en 2016, l'OMM a publié périodiquement des bulletins sur la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique et l'Antarctique, en collaboration avec l'Unité européenne de coordination des recherches sur l'ozone. Ces bulletins contenaient des informations actualisées sur l'évolution de la couche d'ozone au cours de l'année et s'adressaient aux Membres de l'OMM exploitant des satellites et stations de surveillance de l'atmosphère pour observer l'ozone et les paramètres connexes à l'échelle mondiale.

Après sept ans d'interruption, je suis heureux de lancer l'édition 2023 du *Bulletin de l'OMM sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet*! Il a été élaboré par la Veille de l'atmosphère globale (VAG) relevant de l'OMM et rend compte des efforts déployés de longue date par la communauté de la VAG pour coordonner le réseau mondial d'observation de l'ozone. La couche d'ozone protège la vie sur Terre des rayons ultraviolets (UV) nocifs du Soleil. Les observations de l'ozone sont donc indispensables pour protéger la santé humaine et l'environnement. Je tiens à souligner les travaux accomplis ces dernières décennies pour fournir sans discontinuité des observations de l'ozone stratosphérique et suivre en permanence les niveaux actuels et les tendances des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO). Le Protocole de Montréal, signé en 1987 et entré en vigueur en 1989, a permis de réduire la quantité de ces substances dans l'atmosphère, ce qui a entraîné une lente reconstitution de la couche d'ozone. Dans ce cadre, les Parties au Protocole de Montréal ont étroitement collaboré et produit des observations essentielles au suivi du «trou» d'ozone au-dessus de l'Antarctique.

Vous trouverez notamment dans le présent Bulletin les dernières nouvelles concernant ce trou, les niveaux d'ozone stratosphérique au plan mondial, l'évaluation de l'état de la couche d'ozone destinée aux décideurs ainsi que les réseaux de surveillance exploitant des spectrophotomètres Brewer et Dobson.



Introduction

Matthew Tully, Président du Groupe consultatif scientifique de l'OMM pour l'ozone et le rayonnement solaire ultraviolet

En 1985, les gouvernements ont instauré la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone, rapidement suivie, deux ans plus tard, par le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Les mesures prises dans le cadre de ce protocole et de ses amendements et ajustements ultérieurs ont permis de stopper l'accumulation rapide alors observée de SAO dans l'atmosphère de la Terre. En 2023, les observations montrent que les concentrations atmosphériques totales de chlore et de brome provenant des SAO persistantes diminuent depuis plus de vingt ans. Les premiers signes de la reconstitution de l'ozone stratosphérique sont désormais visibles. Cette reconstitution devrait être complète dans la plupart des zones de l'atmosphère dans les décennies à venir.

La période actuelle est donc parfois appelée «phase de responsabilisation» du Protocole de Montréal. Il est essentiel de continuer à effectuer des mesures de haute qualité de l'ozone stratosphérique et de ses facteurs déterminants pour s'assurer de bien mesurer les changements à long terme de la couche d'ozone et d'en comprendre les causes. Même si l'on s'attend à ce que toutes les nations du monde continuent à respecter pleinement le Protocole de Montréal, un large éventail d'autres activités humaines et de phénomènes naturels continueront à avoir une influence significative sur l'ozone stratosphérique et le rayonnement UV en surface jusqu'à la fin du XXI^e siècle.

L'OMM a joué un rôle fondamental dans la lutte mondiale contre l'appauvrissement de la couche d'ozone. Grâce au Système mondial d'observation de l'ozone (GO3OS), instauré à la fin des années 1950, et à la VAG, constituée en 1989, l'OMM soutient et coordonne la réalisation de mesures de haute qualité de l'ozone stratosphérique et du rayonnement UV dans le monde entier, ainsi que le stockage et la diffusion systématiques des données d'observation. La VAG a apporté une contribution majeure

à l'étude scientifique de l'ozone stratosphérique. Elle a permis d'étayer des évaluations de l'état de la couche d'ozone, qui ont ensuite été utilisées par les décideurs politiques pour prendre des décisions fondées sur les meilleures données scientifiques disponibles.

La présente édition du Bulletin de l'OMM sur l'ozone et le rayonnement UV contient des informations actualisées sur l'état de la couche d'ozone en 2022 et ses influences, sur la situation des réseaux de surveillance de l'ozone et sur les dernières évaluations du Groupe de l'évaluation scientifique et du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement relevant du Protocole de Montréal. La protection de la santé humaine étant la motivation fondamentale de tous ces travaux, le Bulletin présente également une nouvelle application pour smartphones, lancée en juillet 2022 avec le soutien de l'OMM et en coopération avec l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation internationale du Travail (OIT). Cette application, baptisée SunSmart, a été conçue principalement pour influencer positivement les comportements en matière de protection solaire en indiquant à chaque utilisateur les moments de la journée où une telle protection est requise.

La couche d'ozone en 2022

Wolfgang Steinbrecht et Antje Inness

Le Protocole de Montréal et ses amendements ont permis d'éliminer progressivement jusqu'à 99 % des activités de production et de consommation de SAO réglementées. La concentration de chlore, destructeur d'ozone, dans la stratosphère a atteint son maximum à la fin des années 1990. Depuis, la charge en chlore a diminué et l'ozone stratosphérique se rétablit lentement. Une telle progression devrait se poursuivre au cours de la seconde moitié de ce siècle. Cette lente récupération est masquée par d'importantes variations d'une année sur l'autre, qui sont en grande partie dues aux fluctuations du transport atmosphérique.

La figure 1 montre comment la moyenne annuelle des colonnes d'ozone total a changé en 2022 par rapport à la climatologie de la période 2003-2021. La carte de cette figure présente des colonnes d'ozone supérieures à la normale dans les régions tropicales et subtropicales (latitudes inférieures à environ 30°), et des colonnes d'ozone inférieures à la normale à des latitudes plus élevées, en particulier dans l'hémisphère Sud. Il est tout à fait courant d'observer des différences aussi importantes de l'ozone total entre les hautes et les basses latitudes. Cette situation est liée à l'intensité de la circulation méridienne moyenne de Brewer-Dobson, qui redistribue l'ozone des basses aux hautes latitudes. En 2022, cette circulation a été relativement lente, ce qui s'est traduit par un taux d'ozone élevé aux basses latitudes et un taux faible aux latitudes plus élevées. Cette année-là, trois phénomènes atmosphériques ont contribué à cette lenteur:

- 1) Un épisode La Nina marqué, avec une troposphère tropicale froide et une ascension réduite dans la partie tropicale de la circulation de Brewer-Dobson (Benito-Barca *et al.*, 2022);
- 2) La phase de cisaillement principalement vers l'ouest de l'oscillation quasi biennale (au-dessus de 30 hPa), qui a affaibli la remontée d'air tropical de la circulation de Brewer-Dobson (Baldwin *et al.*, 2001);
- 3) La quantité sans précédent de vapeur d'eau et d'aérosols supplémentaires injectée dans la stratosphère par l'éruption du volcan sous-marin Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, en janvier 2022. En raison du refroidissement radiatif dû à l'augmentation de la vapeur d'eau, les températures de la stratosphère ont été inhabituellement basses dans l'hémisphère Sud, ce qui y a également ralenti la circulation de Brewer-Dobson (Coy *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022).

Dans l'ensemble, ces variations ont largement contribué aux anomalies de l'ozone présentées dans la figure 1. De plus amples informations sur le trou d'ozone dans l'Antarctique en 2022 et sur l'éruption du volcan Hunga Tonga sont données dans des sections ultérieures du présent bulletin.

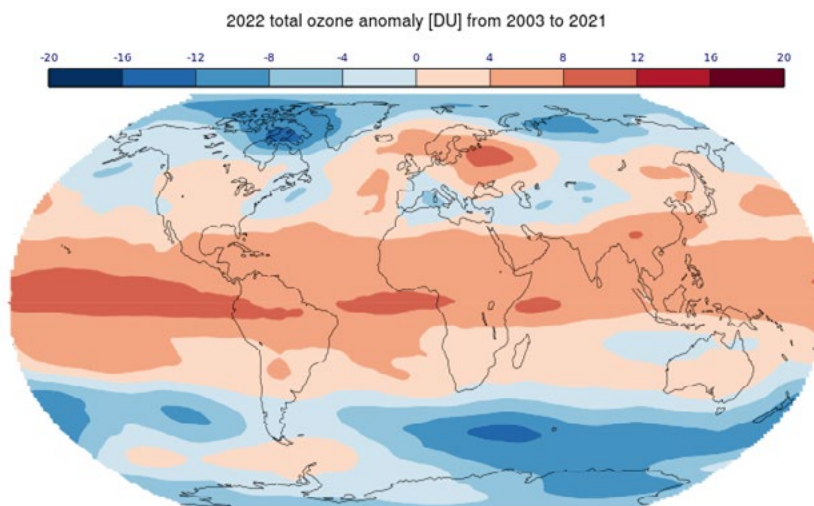


Figure 1. Anomalies de la moyenne annuelle de la colonne d'ozone total en 2022 par rapport à la climatologie de la période 2003-2021.

Source: Réanalyse effectué par le service Copernicus de surveillance de l'atmosphère (Inness *et al.*, 2019).

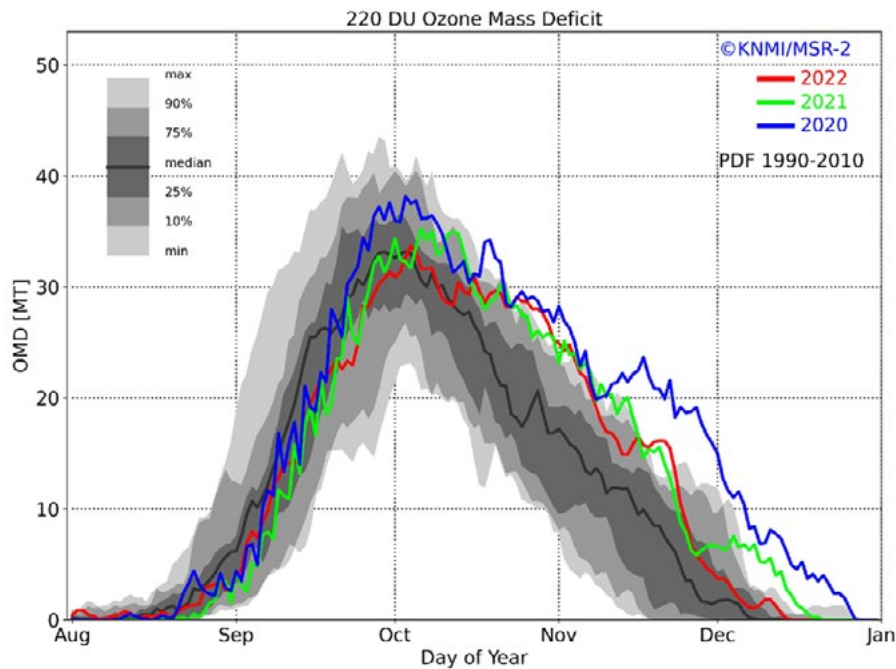


Figure 2. Distribution de la probabilité de déperdition quotidienne d’ozone par rapport au seuil de 220 unités Dobson au-dessus de l’Antarctique (en mégatonnes). La zone grise représente la distribution de probabilité journalière pour la période 1990-2010, la valeur médiane étant en noir. Les valeurs des dernières années (2020, 2021 et 2022) sont indiquées par les lignes de couleur (en bleu, vert et rouge, respectivement).

Source: Données issues du jeu de données MSR-2 (version 2 de la réanalyse de données de plusieurs capteurs) de l’Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI), consultables à l’adresse suivante: <https://www.temis.nl/protocols/O3global.php>; voir également van der A *et al.*, 2015;

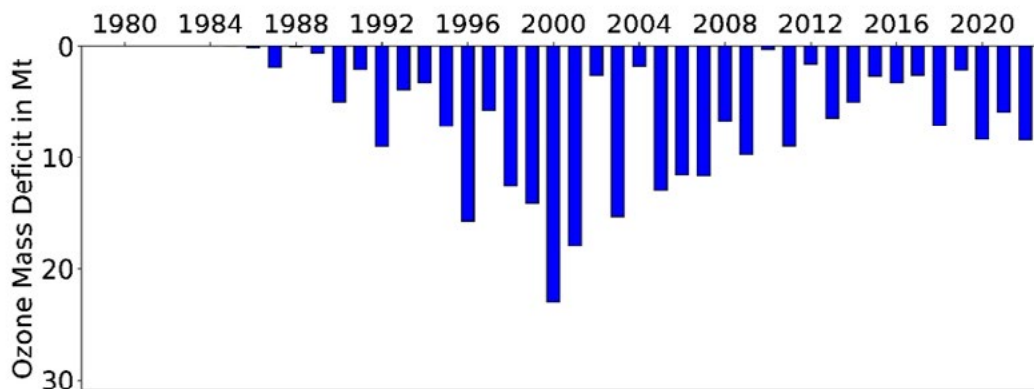


Figure 3. Moyenne de la déperdition d’ozone (en mégatonnes) du 1^{er} au 14 septembre par rapport au seuil de 220 unités Dobson, sur la base des données MSR-2 du KNMI. La régression linéaire ordinaire postérieure à 2000 donne une pente de $-0,44 \pm 0,32$ Mt/an (2σ). Si l’on exclut les années où l’activité des ondes planétaires était anormalement faible dans l’hémisphère Sud (2002, 2004, 2010, 2012, 2017 et 2019), on obtient une pente de $-0,68 \pm 0,24$ Mt/an.

Trou d’ozone au-dessus de l’Antarctique en 2022: une apparition plus tardive pour une durée plus longue

Jos de Laat

En 2022, les deux principales caractéristiques du trou d’ozone au-dessus de l’Antarctique ont été son apparition saisonnière relativement tardive en septembre ainsi que son étendue et sa profondeur relativement importantes en octobre et novembre (figure 2).

Cette diminution tardive de l’ozone, en septembre, correspond aux années précédentes et à la tendance à la baisse de la déperdition de l’ozone au début du mois de septembre, observée après l’an 2000 (figure 3). Par rapport aux statistiques quotidiennes sur le trou d’ozone au-dessus

de l’Antarctique pour la période 1990-2010, l’apparition de cet appauvrissement est retardée de trois à cinq jours (figure 2). Comme cela est décrit dans le chapitre 4 tant du rapport intitulé Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022 (Chipperfield *et al.*, rapport n° 278 de la série consacrée à la VAG) que de celui intitulé Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018 (Langematz *et al.*, rapport n° 58 de la série consacrée au Projet mondial de surveillance et de recherche concernant l’ozone) (et les références qui y figurent), la moindre perte de masse de l’ozone et l’apparition tardive de cette dernière au début du mois de septembre sont considérées comme des preuves clés du début de la reformation de la couche d’ozone.

Tout comme en 2022, il a été observé au cours de quatre des cinq dernières années (2018, 2020, 2021, 2022) que le

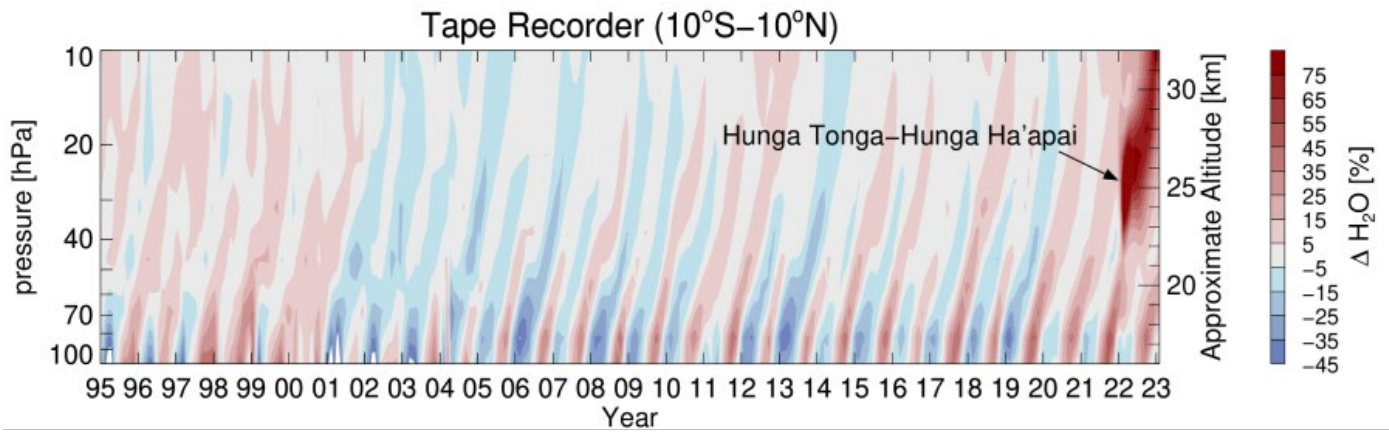


Figure 4. Anomalies de la teneur en vapeur d'eau de la stratosphère tropicale par rapport à la moyenne à long terme
Source: Les données sous-jacentes proviennent de données satellitaires composites GOZCARDS (global ozone chemistry and related trace gas data records for the stratosphere), auxquelles sont ajoutées des données MLS récentes. Mise à jour de Millán *et al.* (2022).

tourbillon stratosphérique antarctique était persistant et sa rupture tardive. Ces années ont été caractérisées par une activité anormalement faible des ondes planétaires dans l'hémisphère Sud (Kramarova *et al.*, 2019, 2020, 2021, 2022 (2023 en préparation)). Les ondes planétaires qui se propagent vers le haut depuis la troposphère ralentissent le tourbillon stratosphérique polaire et transportent de l'air riche en ozone de la partie externe du tourbillon dans la partie supérieure du tourbillon, tout en le réchauffant. Le peu d'activité des ondes permet à l'air qui se trouve à l'intérieur du tourbillon stratosphérique de rester plus froid que la moyenne pendant plus longtemps, ce qui favorise des colonnes d'ozone inférieures à la normale. En raison de ce phénomène, la déperdition d'ozone est restée bien supérieure ces dernières années à la moyenne de la période 1990-2010 (figure 2).

En outre, cette récurrence récente de dates de rupture annuelles tardives s'est traduite par une tendance statistiquement significative à des dates de rupture plus tardives d'environ cinq jours par décennie (Kramarova *et al.*, 2023, en préparation). Toutefois, les causes de la faible activité récente des ondes planétaires dans l'hémisphère Sud ainsi que de ces dates de rupture tardives sont actuellement inconnues. Les spécialistes ne savent pas encore exactement si cette tendance est le

résultat de variations annuelles aléatoires de l'activité des ondes planétaires de l'hémisphère Sud qui se traduisent par une activité inférieure à la moyenne, ou s'il existe un mécanisme physique encore inconnu.

L'éruption du volcan Hunga Tonga-Hunga Ha'apai modifie la stratosphère

Wolfgang Steinbrecht

En janvier 2022, le volcan Hunga Tonga-Hunga Ha'apai (ou «Hunga Tonga»), situé sous la surface du Pacifique occidental, est entré en éruption. Cette éruption a été la plus importante des cent dernières années. Elle est comparable à l'immense éruption du Krakatoa en 1883. Elle s'est produite sous la surface océanique et a projeté de la glace et de la vapeur d'eau jusque haut dans la stratosphère. La figure 4 présente le «pic» de vapeur d'eau correspondant à l'éruption du volcan Hunga Tonga en 2022 (augmentation supérieure à 70 %; tracé rouge foncé). Dans l'ensemble, l'éruption a causé une augmentation de la teneur en vapeur d'eau de la stratosphère de l'ordre de 5 à 10 %, mais, dans certaines zones, cette augmentation a atteint plusieurs centaines de ppmV (Vömel *et al.*, 2022; Millán *et al.*, 2022). Par rapport aux éruptions précédentes, comme celle du Pinatubo en 1991, l'augmentation des

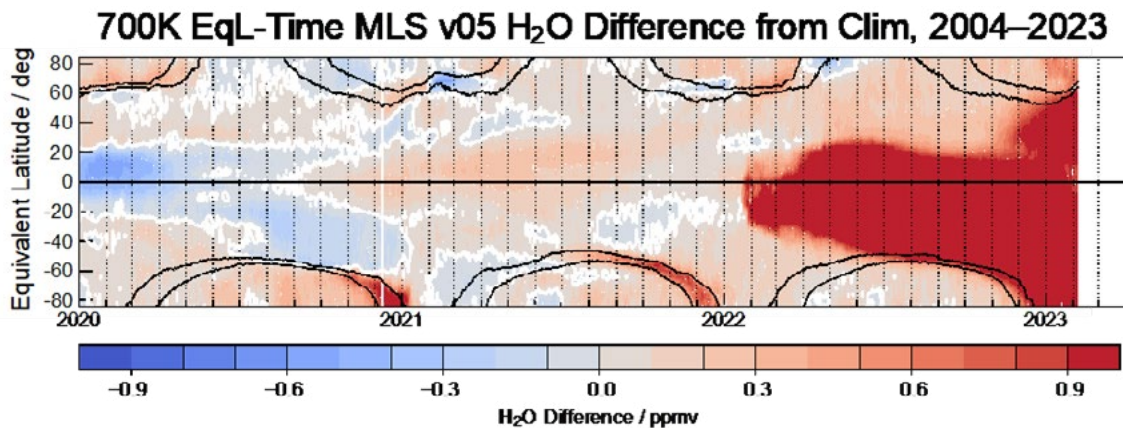


Figure 5. Mêmes données que la figure 4, mais sous l'angle de l'évolution des anomalies de la teneur en vapeur d'eau (moyennes zonales) sur la surface isentropique 700 K (~18 hPa ou 27 km d'altitude), en fonction du temps (depuis 2020) et de la latitude équivalente. Les isolignes noires délimitent les tourbillons stratosphériques polaires hivernaux.

Source: Mise à jour de Millán *et al.* (2022).

aérosols stratosphériques a été relativement faible (Khaykin *et al.*, 2022).

La figure 5 montre la distribution détaillée du nuage de vapeur d'eau du volcan Hunga Tonga, des tropiques aux latitudes plus élevées. En 2022, la plus grande langue de vapeur d'eau s'est propagée plus loin dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord. Cette arrivée de vapeur d'eau supplémentaire a entraîné un refroidissement substantiel de la stratosphère au-dessus de l'hémisphère Sud, de l'ordre de plusieurs kelvins (Coy *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022). Elle a ralenti la circulation méridienne de Brewer-Dobson et entraîné une diminution de l'ozone dans la basse stratosphère de l'hémisphère Sud en 2022. Dans la moyenne et haute stratosphère, l'effet net sur l'ozone semble être faible jusqu'à présent.

Comme le montre la figure 5, il n'a pas été relevé d'augmentation de la teneur en vapeur d'eau dans les tourbillons polaires de l'Antarctique en 2022 et de l'Arctique en 2022/2023. Toutefois, les prochains hivers, on s'attend à une augmentation de la teneur en vapeur d'eau et en aérosols dans les tourbillons polaires. Il pourrait en résulter un renforcement des nuages stratosphériques polaires, une diminution accrue de l'ozone (Wang *et al.*, 2022) ainsi que la survenue de «trous d'ozone» plus profonds et plus durables.

L'éruption du volcan Hunga Tonga devrait avoir des effets importants et inédits ces prochaines années. Pour comprendre ces derniers, il sera nécessaire de continuer d'effectuer régulièrement des mesures précises à partir de systèmes terrestres et spatiaux, tels que le limbosondeur hyperfréquence (MLS), un instrument satellitaire de l'Administration américaine pour l'aéronautique et l'espace (NASA).

SunSmart Global UV: une application de portée internationale pour sensibiliser aux dangers des UV et aux gestes préventifs grâce à l'indice universel de rayonnement UV solaire

Craig Sinclair

La surexposition aux rayons UV cause jusqu'à 95 % des mélanomes et jusqu'à 99 % des cancers de la peau non-mélanome. Si ces maladies sont largement évitables, elles constituent pourtant toujours un problème mondial: en 2020, on estime qu'1,5 million de cas de cancers de la peau ont été diagnostiqués dans le monde.

Selon les dernières données, le principal facteur de risque individuel d'affections cutanées et oculaires liées aux UV réside dans les habitudes adoptées par les individus lorsqu'ils s'exposent au soleil: utilisation d'un écran solaire, choix vestimentaire ou encore période d'exposition choisie. Bien que le Protocole de Montréal ait permis de réaliser des progrès majeurs et de réduire l'impact des UV sur la santé humaine, il reste crucial d'informer le grand public pour qu'il prenne conscience des dangers liés à une exposition prolongée aux rayons UV.

Ainsi, une application pour smartphones, qui fournit, sous forme de prévision à cinq jours, des informations locales sur les niveaux de rayonnement UV, a récemment connu un lancement international. Cette application vise à améliorer la cohérence des rapports et des messages de santé public en matière de rayonnement UV afin de réduire la charge mondiale du cancer de la peau et des affections oculaires liées aux rayons UV. Pour cela, l'application fournit à chaque utilisateur des conseils personnalisés, propres à sa position géographique, en matière de protection solaire.



The SunSmart Global UV app puts sun protection advice at your fingertips.

Développée en Australie par le Conseil sur le cancer de l'État de Victoria, l'Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire (ARPANSA) et le Bureau météorologique australien, l'application a été lancée en juillet 2022 avec le soutien de l'OMS, de l'OMM, du PNUE et de l'OIT. SunSmart a pour principal objectif d'inciter les utilisateurs, quelle que soit leur localisation, à modifier leurs comportements lorsqu'ils s'exposent au soleil, en les informant des périodes de la journée durant lesquelles une protection solaire est nécessaire.

Caractéristiques

- Soutien apporté par des organisations mondiales de premier plan dans le domaine de la santé et de la météorologie;
- Alertes UV et de protection solaire quotidiennes: données UV transmises en direct, mises à jour toutes les minutes et accessibles à toute personne se trouvant à moins de 100 km d'un site fixe de surveillance des UV;
- Possibilité de personnaliser les alertes en fonction de l'emploi du temps et de la localisation de l'utilisateur;
- Possibilité de sélectionner au plan mondial jusqu'à cinq lieux, pour lesquels les niveaux d'UV sont accessibles, apportant ainsi des informations précises sur les périodes qui nécessitent, ou non, une protection;
- Prévisions à cinq jours, basées sur l'indice UV, des heures de protection solaire et informations météorologiques;
- Disponible en huit langues: anglais, français, espagnol, néerlandais, chinois, allemand, italien et russe.

L'application SunSmart Global UV est disponible gratuitement sur l'Apple App et Google Play.

Si vous souhaitez que l'application comprenne un lien vers un flux national de données UV en direct ou si vous

souhaitez obtenir plus d'informations sur l'application SunSmart Global UV, veuillez contacter sunsmart.enquiries@cancervic.org.au.

Fonds général d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observations systématiques au titre de la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone

Sophia Mylona

Le Fonds général d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observations systématiques au titre de la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone (ci-après «le Fonds d'affectation spéciale») a été créé en février 2003, conformément à la [décision VI/2](#) de la sixième réunion de la Conférence des Parties à la Convention de Vienne. Il s'agit d'un fonds extrabudgétaire alimenté par les contributions volontaires versées par les Parties et par des organisations internationales.

Le Fonds d'affectation spéciale a pour but premier d'apporter un appui supplémentaire à la maintenance et à l'étalonnage des stations terrestres de la VAG de l'OMM qui permettent la surveillance de la colonne d'ozone, des profils de l'ozone et du rayonnement UV dans les pays en développement et dans les pays en transition économique, afin de favoriser une couverture mondiale équilibrée. Il permet également de soutenir d'autres projets visant à développer le réseau d'observation, lesquels sont sélectionnés par les directeurs de recherches sur l'ozone en consultation avec les coprésidents des Groupes d'évaluation du Protocole de Montréal.

Depuis 2015, un [comité consultatif](#) supervise les activités du Fonds d'affectation spéciale ainsi que la mise en œuvre de sa stratégie à long terme et de son plan d'action à court terme, en accord avec les recommandations des directeurs de recherches sur l'ozone.



Figure 6. Répartition géographique des projets approuvés (achevés, en cours de réalisation ou planifiés) depuis 2003, dans le cadre du Fonds général d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observations systématiques au titre de la Convention de Vienne. Si plusieurs projets sont associés au même lieu, le cercle correspondant contient un nombre.

Source: Institut de recherche pour systèmes d'information sur l'environnement (ESRI), Secrétariat de l'ozone relevant du PNUE.



Figure 7. Cartographie récente d'EUBREWNET montrant sa couverture mondiale croissante.

Depuis la création du Fonds d'affectation spéciale, en 2003, 22 projets ont été approuvés: 16 sont déjà achevés, 2 sont en cours de réalisation et 4 sont planifiés. La répartition géographique et la typologie des projets approuvés sont présentées dans la figure 6. De plus amples informations sur les projets soutenus par le Fonds d'affectation spéciale sont disponibles sur le [site Web](#) du Secrétariat de l'ozone.

European Brewer Network : cinq ans après

John Rimmer

L'European Brewer Network, aussi appelé EUBREWNET, a été développé et mis en place dans le cadre de l'Action COST ES1207 afin d'harmoniser les mesures de l'ozone, des UV et de la profondeur optique des aérosols dans les UV effectuées par les spectrophotomètres Brewer. L'Action a pris fin en 2017 avec la réussite de la mise en œuvre du réseau ainsi que la mise à disposition et l'archivage du produit de la colonne d'ozone total (Rimmer *et al.*, 2018).

Ce réseau utilise des systèmes centraux de traitement des données et d'assurance qualité pour garantir l'équivalence et la cohérence spatiale des données collectées par les différents instruments.

Depuis son inauguration, EUBREWNET, un réseau européen, est financé et géré par le Service météorologique espagnol (AEMET). Il connaît depuis cinq ans un développement international avec l'enregistrement de 63 stations individuelles dans le monde (figure 7). La caractérisation des instruments et les campagnes d'intercomparaison ont permis de mettre en lumière les sources d'erreur et d'améliorer les algorithmes de traitement des données. En outre, les produits des mesures d'UV et de profondeur optique des aérosols dans les UV sont maintenant publiés automatiquement et pratiquement en temps réel. EUBREWNET est également devenu le réseau de référence pour le programme de validation des satellites du service Copernicus concernant le changement climatique (C3S). Les données sont désormais disponibles dans différents formats de fichiers et une version 2 de l'algorithme est actuellement testée. Celle-ci intègre, entre autres, des sections transversales d'absorption mises à jour.

Enfin, EUBREWNET, souvent en collaboration avec l'OMM et le Secrétariat de l'ozone du PNUE, joue un rôle actif dans la formation des opérateurs et l'assistance aux stations.

Réseau de spectrophotomètres Dobson et Centre mondial d'étalonnage des spectrophotomètres Dobson

Irina Petropavlovskikh

Le réseau Dobson d'observation de l'ozone total relevant de la VAG de l'OMM se compose actuellement d'environ 55 stations actives exploitant un spectrophotomètre Dobson (figure 8).

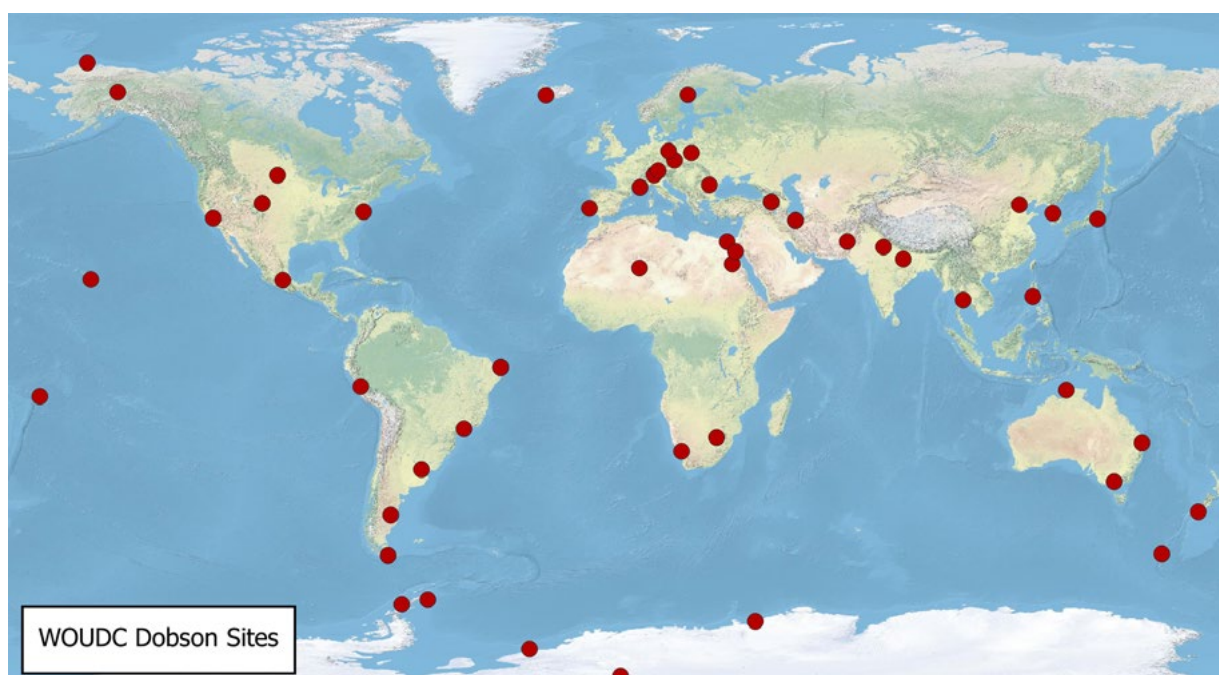


Figure 8. Le réseau Dobson de la VAG (sont représentées les stations Dobson qui ont communiqué des données sur l'ozone au WOUDC au cours de la période 2018-2023).

SCIENTIFIC ASSESSMENT OF OZONE DEPLETION 2022



Figure 9. Couverture du rapport du Groupe de l'évaluation scientifique pour l'évaluation de l'état de la couche d'ozone en 2022

Les produits de données sont partagés par l'intermédiaire du Centre mondial de données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet (WOUDC), géré par Environnement et Changement climatique Canada.

Le Centre mondial d'étalonnage des spectrophotomètres Dobson de l'OMM est hébergé par l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA) à Boulder (États-Unis d'Amérique). Il entretient l'instrument étalon mondial Dobson D083, qui est utilisé pour l'étalonnage régulier des étalons Dobson régionaux.

Tous les deux ans, une série de mesures est effectuée avec le D083 à l'observatoire de Mauna Loa afin de redéterminer sa constante d'étalonnage en utilisant la méthode Langley. Dans ce contexte, l'observatoire de Mauna Loa est idéalement situé, car il se trouve au-dessus de la couche limite marine et loin des principales sources de pollution. La présence limitée d'aérosols et de nuages permet d'obtenir des conditions d'observation stables sur la large gamme d'angles zénithaux du Soleil nécessaires à des étalonnages précis.

Tous les quatre ans, les étalons Dobson régionaux sont comparés et étalonnés par rapport à l'étalon mondial. Des étalonnages périodiques garantissent la comparabilité et la traçabilité des mesures mondiales de la colonne d'ozone total et la stabilité des relevés satellitaires sur l'ozone.

L'étalonnage le plus récent mené à Mauna Loa avec le D083 a eu lieu en juillet et août 2021. En novembre 2022,

Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change

2022 Assessment Report

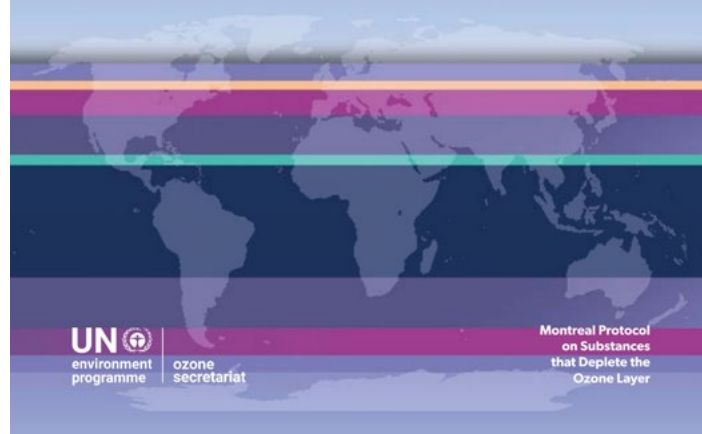


Figure 10. Couverture du rapport du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement pour l'évaluation de l'état de la couche d'ozone en 2022

une éruption volcanique a endommagé la route de service menant à l'observatoire et les étalonnages sur le site ont dû être suspendus. Par conséquent, il est prévu que la prochaine campagne d'étalonnage se déroule à l'observatoire atmosphérique d'Izaña, à Tenerife (Espagne), durant l'été 2023 de l'hémisphère Nord, avec le concours de l'AEMET.

Évaluation de l'ozone: Groupe de l'évaluation scientifique et Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement

Alkis Bais, David Plummer

Les trois groupes d'évaluation du Protocole de Montréal ont remis leurs rapports d'évaluation quadriennaux 2022, établis conformément au mandat approuvé par les Parties lors de leur trente et unième réunion, en 2019 (décision XXXI/2). Le présent article est axé sur les activités du Groupe de l'évaluation scientifique et du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement. L'évaluation du troisième groupe, le Groupe de l'évaluation technique et économique, n'est pas abordée ici.

Le Groupe de l'évaluation scientifique fournit des informations utiles à la prise de décision qui concernent l'état actuel de la couche d'ozone stratosphérique, y compris les tendances de l'ozone et les concentrations atmosphériques de SAO. Il fait le point sur les connaissances scientifiques relatives aux processus qui ont des répercussions sur l'ozone et contient des

projections de l'évolution de l'ozone. Conformément au mandat de l'évaluation 2022, le rapport du Groupe de l'évaluation scientifique comprend, pour la première fois, un chapitre sur les effets qu'a la géo-ingénierie par injection d'aérosols stratosphériques sur la couche d'ozone. Il fait état d'une diminution continue des concentrations atmosphériques de chlore et de brome dues aux SAO persistantes réglementées dans le cadre du Protocole de Montréal. Depuis l'évaluation de 2018, il existe davantage de preuves d'amélioration au sujet du «trou» d'ozone au-dessus de l'Antarctique. C'est au début du printemps austral (septembre) que la reconstitution est la plus nette, la persistance du trou d'ozone à la fin du printemps étant très variable en raison de la variabilité des conditions météorologiques d'une année sur l'autre. La colonne d'ozone total à l'échelle quasi mondiale (60° S-60° N) reste inférieure d'environ 2 % à la moyenne de la période 1964-1980, tout en affichant une légère tendance positive de 0,3 % par décennie sur la période 1996-2020, une valeur qui se situe dans la marge d'incertitude. Selon les projections actualisées, il est estimé que la colonne d'ozone total retrouvera les valeurs de 1980 vers 2040 pour la moyenne à l'échelle quasi mondiale (60° S-60° N), vers 2035 pour les latitudes moyennes septentrionales (35° N-60° N) et vers 2065 pour les valeurs de printemps (octobre) au-dessus de l'Antarctique (90° S-60° S). Pour le texte intégral du rapport, voir [Scientific Assessment of Ozone Depletion 2022](#).

Le Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement évalue les conséquences de la diminution de l'ozone stratosphérique dans le contexte des changements climatiques mondiaux et dans le cadre des objectifs de développement durable des Nations Unies. Comme les autres groupes d'évaluation, il attire l'attention des Parties sur d'autres domaines potentiellement importants pour le Protocole de Montréal. L'évaluation quadriennale de 2022 se concentre sur les effets interactifs de l'ozone stratosphérique et du changement climatique sur le rayonnement UV solaire, la santé humaine, y compris le COVID-19, les écosystèmes terrestres et aquatiques, les cycles biogéochimiques, les compositions troposphériques et la qualité de l'air, les matériaux naturels et synthétiques, ainsi que les microplastiques dans l'environnement. Une attention particulière est accordée aux liens entre la diminution de l'ozone stratosphérique, le rayonnement UV et le changement climatique, pour ce qui est de leurs effets généraux sur l'environnement et la santé humaine. La variabilité du rayonnement UV dans l'Antarctique a été très importante au cours des quatre dernières années et, malgré les premiers signes du rétablissement de l'ozone, on a observé des augmentations de l'indice UV représentant jusqu'à 80 % de la moyenne historique aux printemps 2020 et 2021 dans l'hémisphère Sud. Dans l'Arctique, les variations de l'ozone stratosphérique ont entraîné une grande variabilité du rayonnement UV aux hautes latitudes septentrionales à la fin de l'hiver et au printemps dans l'hémisphère Nord. En dehors des régions polaires, les modifications à long terme du rayonnement UV sont principalement dues aux changements relatifs aux aérosols et aux nuages. Les répercussions positives de la mise en œuvre du Protocole de Montréal sur le rayonnement UV passé, présent et futur et les régimes

météorologiques régionaux sont également examinés dans ce rapport, de même que l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes qui se produisent parallèlement à l'augmentation continue des émissions de gaz à effet de serre ainsi que la hausse des températures qui en découle dans de nombreuses régions du monde. Ces changements modifient également le degré d'exposition au rayonnement UV des humains, des animaux et des écosystèmes, ce qui a des répercussions sur le bien-être humain, la sécurité alimentaire, la biodiversité et la viabilité globale de notre système Terre. Pour le texte intégral du rapport, voir [Environmental Effects of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Interactions with Climate Change: 2022 Assessment Report](#).

Équipe de rédaction:

Matthew Tully (Président du Groupe consultatif scientifique de l'OMM pour l'ozone et le rayonnement solaire ultraviolet, Bureau météorologique australien), Anu Heikkilä (Institut météorologique finlandais), Gordon Labow (Centre de vols spatiaux Goddard de la NASA), Leilani Dulguerov (Secrétariat de la VAG relevant de l'OMM)

Auteurs et contributeurs (dans l'ordre alphabétique)

Alkis Bais (Université Aristote de Thessalonique, Laboratoire de physique atmosphérique), Jos de Laat (KNMI), Antje Inness (Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET)), Sophia Mylona (Secrétariat du PNUE pour l'ozone), Judy Ngungi (Secrétariat de l'ozone relevant du PNUE), Irina Petropavlovskikh (Institut coopératif de recherche en sciences de l'environnement, Université du Colorado à Boulder/Laboratoire de recherche sur le système terrestre de la NOAA), David Plummer (Division de la recherche sur le climat, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)), John Rimmer (Centre des sciences de l'atmosphère, Département des sciences de la Terre et de l'environnement, Université de Manchester), Craig Sinclair (Conseil sur le cancer de l'État de Victoria, Université du Queensland), Wolfgang Steinbrecht (Service météorologique allemand).

Autres membres du Groupe consultatif scientifique (dans l'ordre alphabétique)

Raul Cordero (Université de Santiago de Chile), Vitali Fioletov (ECCC), Sophie Godin-Beeckman (Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales relevant de l'Institut Pierre-Simon Laplace), Julian Gröbner (Observatoire physico-météorologique de Davos – Centre radiométrique mondial), Tom Kralidis (ECCC).

Références

- Baldwin, M. P.; Gray, L. J.; Dunkerton, T. J. *et al.* The Quasi-biennial Oscillation. *Reviews of Geophysics* **2001**, *39* (2), 179–229. <https://doi.org/10.1029/1999RG000073>.
- Benito-Barca, S.; Calvo, N.; Abalos, M. Driving Mechanisms for the El Niño–Southern Oscillation Impact on Stratospheric Ozone. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2022**, *22* (24), 15729–15745. <https://doi.org/10.5194/acp-22-15729-2022>.
- Chipperfield, M.; Santee, M.; Alexander, S. P. *et al.* Chapter 4: Polar Stratospheric Ozone: Past, Present, and Future. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022. GAW Report No. 278*. Organisation météorologique mondiale: Genève, 2022.
- Coy, L.; Newman, P. A.; Wargan, K. *et al.* Stratospheric Circulation Changes Associated with the Hunga Tonga-Hunga Ha’apai Eruption. *Geophysical Research Letters* **2022**, *49* (22). <https://doi.org/10.1029/2022GL100982>.
- Inness, A.; Ades, M.; Agustí-Panareda, A. *et al.* The CAMS Reanalysis of Atmospheric Composition. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2019**, *19* (6), 3515–3556. <https://doi.org/10.5194/acp-19-3515-2019>.
- Khaykin, S.; Podglajen, A.; Ploeger, F. *et al.* Global Perturbation of Stratospheric Water and Aerosol Burden by Hunga Eruption. *Nature Communications Earth and Environment* **2022**, *3* (1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00652-x>.
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. *et al.* 2018 Antarctic Ozone Hole. Dans *State of the Climate in 2018*; Bulletin of the American Meteorological Society, *100* (9); 2019; S185–S187. [doi:10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1](https://doi.org/10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1).
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. *et al.* 2019 Antarctic Ozone Hole. Dans *State of the Climate in 2019: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, *101* (8); 2020; S310–S312. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0090.1>.
- Kramarova, N.; Newman, P. A.; Nash, E. R. *et al.* 2020 Antarctic Ozone Hole. Dans *State of the Climate in 2020: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, *102* (8); 2021; S345–S349. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0081.1>.
- Kramarova, N. A.; Newman, P. A.; Nash, E. R. *et al.* 2021 Antarctic Ozone Hole. Dans *State of the Climate in 2021: Antarctica and the Southern Ocean*; Bulletin of the American Meteorological Society, *103* (8); 2022; S332–S335. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0078.1>.
- Kramarova, N. A. *et al.* 2022 Antarctic Ozone Hole. Dans *State of the Climate in 2022*; Bulletin of the American Meteorological Society; 2023, en préparation.
- Langematz, U.; Tully, M. B.; Calvo, N. *et al.* Chapter 4: Polar Stratospheric Ozone: Past, Present, and Future. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018. Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 58*. Organisation météorologique mondiale: Genève, 2018.
- Millán, L.; Santee, M. L.; Lambert, A. *et al.* The Hunga Tonga-Hunga Ha’apai Hydration of the Stratosphere. *Geophysical Research Letters* **2022**, *49* (13). <https://doi.org/10.1029/2022GL099381>.
- Rimmer, J. S.; Redondas, A.; Karppinen, T. EuBrewNet – A European Brewer Network (COST Action ES1207), an Overview. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2018**, *18* (14), 10347–10353. <https://doi.org/10.5194/acp-18-10347-2018>.
- Serdyuchenko, A.; Gorshchev, V.; Weber, M. *et al.* High Spectral Resolution Ozone Absorption Cross-sections – Part 1: Measurements, data analysis and comparison with previous measurements around 293 K. *Atmospheric Measurement Techniques* **2014**, *7*, 609–624. <https://doi.org/10.5194/amt-7-609-2014>.
- Serdyuchenko, A.; Gorshchev, V.; Weber, M. *et al.* High Spectral Resolution Ozone Absorption Cross-sections – Part 2: Temperature Dependence. *Atmospheric Measurement Techniques* **2014**, *7*, 625–636. <https://doi.org/10.5194/amt-7-625-2014>.
- van der A, R. J.; Allaart, M. A. F.; Eskes, H. J. Extended and Refined Multi Sensor Reanalysis of Total Ozone for the Period 1970–2012. *Atmospheric Measurement Techniques* **2015**, *8* (7), 3021–3035. [doi:10.5194/amt-8-3021-2015](https://doi.org/10.5194/amt-8-3021-2015). Jeu de données: [doi:10.21944/temis-ozone-msr2](https://doi.org/10.21944/temis-ozone-msr2).
- Vömel, H.; Evan, S.; Tully, M. Water Vapor Injection into the Stratosphere by Hunga Tonga-Hunga Ha’apai. *Science* **2022**, *377* (6613), 1 444–1 447. <https://doi.org/10.1126/science.abq2299>.
- Wang, X.; Randel, W.; Zhu, Y. *et al.* Stratospheric Climate Anomalies and Ozone Loss Caused by the Hunga Tonga Volcanic Eruption. *Earth and Space Science Open Archive* **2022**. <https://doi.org/10.1002/essoar.10512922.1>.