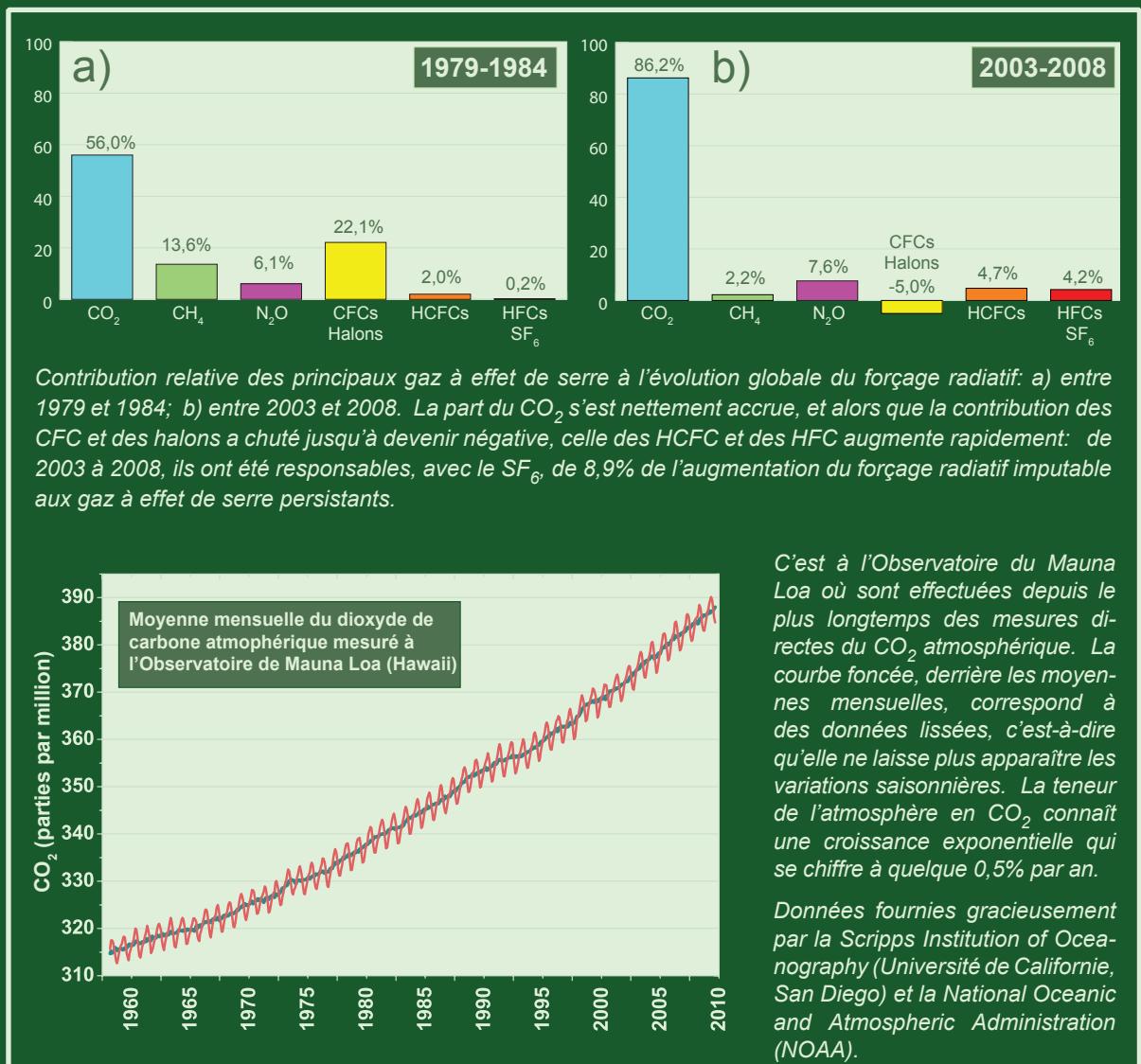


## Bulletin sur les gaz à effet de serre

Bilan des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère d'après les observations effectuées à l'échelle du globe en 2008



Contribution relative des principaux gaz à effet de serre à l'évolution globale du forçage radiatif: a) entre 1979 et 1984; b) entre 2003 et 2008. La part du CO<sub>2</sub> s'est nettement accrue, et alors que la contribution des CFC et des halons a chuté jusqu'à devenir négative, celle des HCFC et des HFC augmente rapidement: de 2003 à 2008, ils ont été responsables, avec le SF<sub>6</sub>, de 8,9% de l'augmentation du forçage radiatif imputable aux gaz à effet de serre persistants.

C'est à l'Observatoire du Mauna Loa où sont effectuées depuis le plus longtemps des mesures directes du CO<sub>2</sub> atmosphérique. La courbe foncée, derrière les moyennes mensuelles, correspond à des données lissées, c'est-à-dire qu'elle ne laisse plus apparaître les variations saisonnières. La teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> connaît une croissance exponentielle qui se chiffre à quelque 0,5% par an.

Données fournies gracieusement par la Scripps Institution of Oceanography (Université de Californie, San Diego) et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

### Résumé

La toute dernière analyse des données d'observation recueillies dans le cadre du Programme de la Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM révèle qu'en moyenne mondiale, les rapports de mélange du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du méthane (CH<sub>4</sub>) et du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ont atteint de nouveaux pics en 2008, à savoir 385,2 ppm pour le CO<sub>2</sub>, 1797 ppb pour le CH<sub>4</sub> et 321,8 ppb pour le N<sub>2</sub>O. Ces valeurs dépassent respectivement de 38 %, 157 % et 19 % celles de l'époque préindustrielle (avant 1750). En 2008, les rythmes d'augmentation du CO<sub>2</sub> et du N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère s'inscrivent dans la tendance des années récentes. Quant au CH<sub>4</sub> atmosphérique, sa progression a été de 7 ppb entre 2007 et 2008, soit un chiffre analogue à celui de l'année précédente. Il s'agit là des augmentations les plus importantes observées depuis 1998. Selon l'indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (AGGI) publié par la NOAA, le forçage radiatif de l'atmosphère par l'ensemble des gaz à effet de serre persistants s'est accru de 26,2 % entre 1990 et 2008. Le forçage induit par l'ensemble des halocarbures est presque le double de celui imputable au N<sub>2</sub>O. Certains halocarbures accusent un lent recul du fait de la réduction des émissions consécutive à l'adoption du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, alors que d'autres sont en progression rapide.



Organisation  
météorologique  
mondiale

Temps • Climat • Eau



## Aperçu général

Ce bulletin est le cinquième d'une série de bulletins annuels sur les gaz à effet de serre publié par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) dans le cadre du Programme de la VAG. Chaque bulletin fait état du consensus mondial sur l'évolution de la charge atmosphérique des principaux gaz à effet de serre persistants – dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), CFC-12 et CFC-11 – et présente un récapitulatif de la contribution des autres gaz (figure 1). Les cinq gaz susmentionnés contribuent à hauteur d'environ 96 % à l'augmentation du forçage radiatif de l'atmosphère par les gaz à effet de serre persistants observée depuis 1750.

Le Programme de la VAG permet de coordonner l'observation systématique et l'analyse de la composition de l'atmosphère, notamment des gaz à effet de serre et autres éléments à l'état de traces. Les réseaux de surveillance du CO<sub>2</sub> et du CH<sub>4</sub> relevant de la VAG sont des éléments majeurs du Système mondial d'observation du climat (SMOC). La figure 2 indique les sites où les gaz à effet de serre sont observés. Communiquées par les pays concernés, les données recueillies sont archivées et distribuées par le Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre (CMDGS), hébergé par le Service météorologique japonais (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg>).

Le tableau 1 présente des statistiques sur les concentrations actuelles et l'évolution des trois principaux gaz à effet de serre.

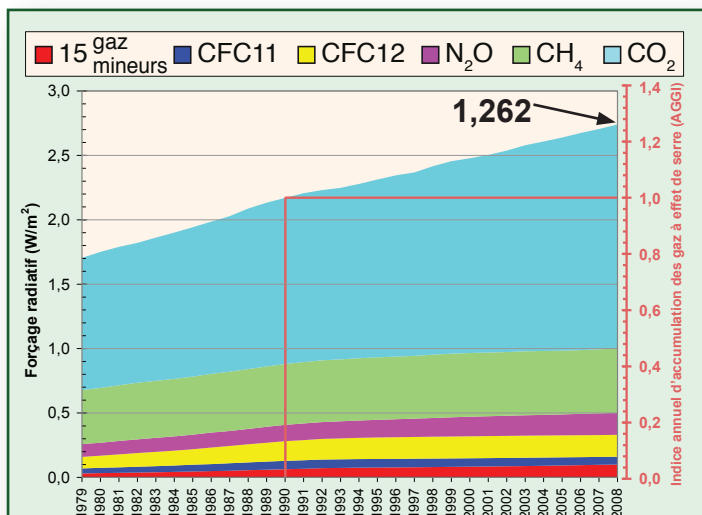


Figure 1. Forçage radiatif de l'atmosphère par les gaz à effet de serre persistants (après 1750) et indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre (AGGI) de la NOAA mis à jour pour 2008. L'année 1990 a été choisie comme année de référence (AGGI=1) pour l'indice.

**Tableau 1.** Rapports de mélange et évolution des principaux gaz à effet de serre, d'après les données recueillies par le réseau mondial de surveillance des gaz à effet de serre exploité dans le cadre de la VAG. Les chiffres donnés pour 2008 représentent la moyenne des 12 mois de l'année.

	CO <sub>2</sub> (ppm)	CH <sub>4</sub> (ppb)	N <sub>2</sub> O (ppb)
Rapports de mélange en 2008	385,2	1797	321,8
Augmentation depuis 1750 <sup>1)</sup>	38 %	157 %	19 %
Augmentation entre 2007 et 2008 (en valeur absolue)	2,0	7	0,9
Augmentation entre 2007 et 2008 (en pourcentage)	0,52 %	0,39 %	0,28 %
Augmentation annuelle moyenne sur 10 ans (en valeur absolue)	1,93	2,5	0,78

<sup>1)</sup> En supposant un rapport de mélange à l'ère préindustrielle de 280 ppm pour le CO<sub>2</sub>, de 700 ppb pour le CH<sub>4</sub> et de 270 ppb pour le N<sub>2</sub>O.

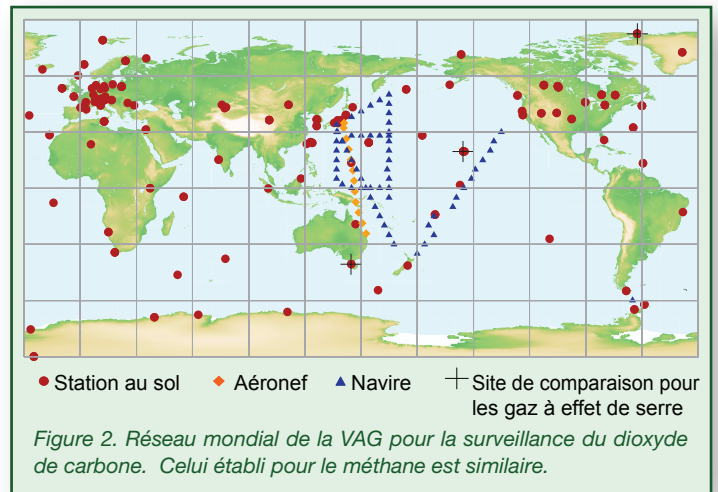


Figure 2. Réseau mondial de la VAG pour la surveillance du dioxyde de carbone. Celui établi pour le méthane est similaire.

Ces résultats sont obtenus par une méthode d'analyse globale (rapport N° 184 de la série consacrée à la VAG, [http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD\\_1473\\_GAW184\\_web.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD_1473_GAW184_web.pdf)) qui fait appel à un ensemble de données pouvant être rapportées à l'étalon mondial de référence de l'OMM. Sont exclues de cette analyse globale les données provenant de stations mobiles, à l'exception des données d'échantillonnage en flacons de la NOAA.

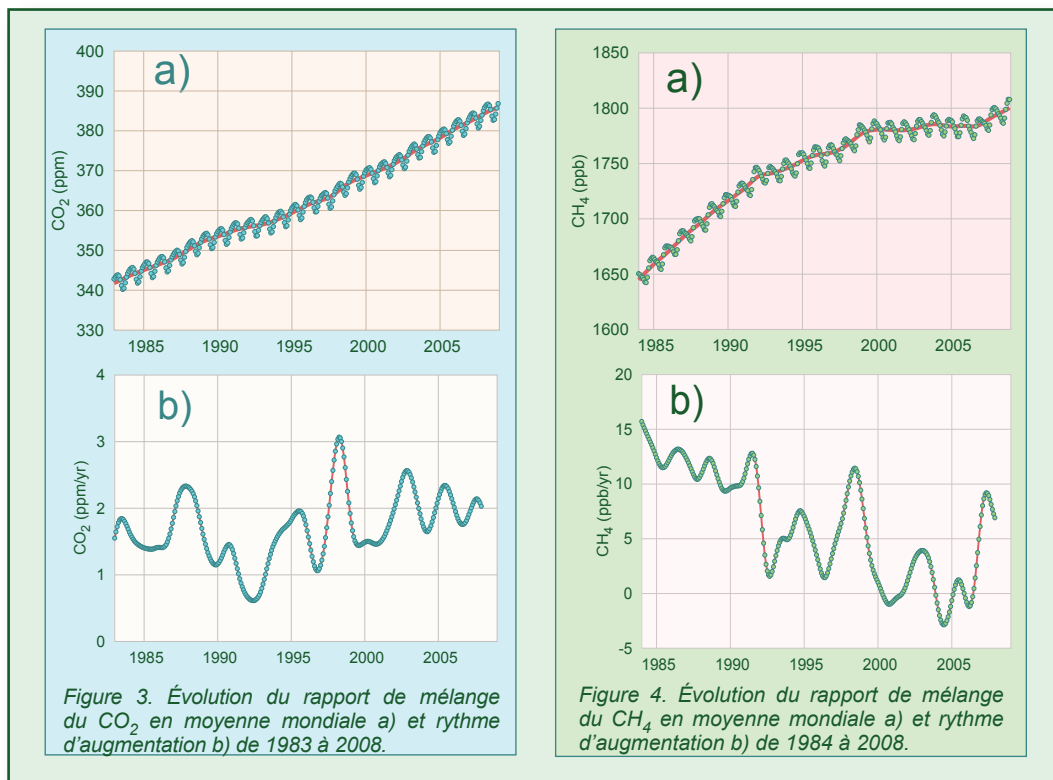
Les rapports de mélange atmosphériques des trois gaz à effet de serre mentionnés dans le tableau 1 n'ont cessé d'augmenter depuis le début de l'ère industrielle. Au premier rang des gaz à effet de serre, la vapeur d'eau n'est liée aux activités humaines que par des rétroactions climatiques. Le présent bulletin donne la priorité aux gaz à effet de serre qui subissent directement l'influence des activités humaines et dont la durée de vie dans l'atmosphère est généralement bien supérieure à celle de la vapeur d'eau. En outre, les gaz en question sont en interaction étroite avec la biosphère et les océans, et leur concentration subit par ailleurs l'influence des réactions chimiques dont l'atmosphère est le siège. Pour prévoir l'évolution des gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère, il est nécessaire de bien connaître les sources et les puits de ces gaz, qui sont multiples.

D'après l'indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre (AGGI) de la NOAA, le forçage radiatif total induit par l'ensemble des gaz à effet de serre persistants a augmenté de 26,2 % depuis 1990 et de 1,3 % entre 2007 et 2008 (voir la figure 1 et le site <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

## DIOXYDE DE CARBONE (CO<sub>2</sub>)

Le CO<sub>2</sub> est le gaz à effet de serre atmosphérique d'origine humaine le plus abondant, qui est responsable de 63,5 %<sup>2)</sup> du forçage radiatif global de l'atmosphère. Il a toutefois contribué à l'augmentation de ce forçage à hauteur de 85 % depuis 10 ans et de 86 % depuis cinq ans. Pendant la dizaine de milliers d'années qui ont précédé la révolution industrielle, la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> est restée pratiquement constante, se chiffrant à quelque 280 ppm (ppm = nombre de molécules du gaz à effet de serre considéré par million de molécules d'air sec), résultat d'un équilibre entre l'atmosphère, les océans et la biosphère. Depuis 1750, le CO<sub>2</sub> atmosphérique a augmenté de 38 %, essentiellement à cause des émissions produites par l'exploitation de combustibles fossiles (8,62 Gt de carbone en 2007), le déboisement et les changements d'affectation des terres (entre 0,5 et 2,5 Gt de carbone par an sur la période 2000-2005). Les mesures précises du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui ont débuté en 1958 révèlent qu'en moyenne, l'augmentation de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère est causée par 55 % environ des émissions

<sup>2)</sup> Ce pourcentage correspond à la contribution relative du gaz mentionné à l'augmentation du forçage radiatif global par tous les gaz à effet de serre persistants depuis 1750 (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).



annuelle moyenne la plus haute relevée jusque là, en 2007 en l'occurrence (figure 4). Alors qu'il atteignait 13 ppb vers la fin des années 80, le rythme annuel d'augmentation du méthane a diminué pendant la dernière décennie. La hausse de 7 ppb constatée en 2008 par rapport à 2007 est la même que l'année précédente, ce qui représente la progression annuelle la plus élevée depuis 1998. Il est difficile de dire, d'après les données disponibles, si cette augmentation de 14 ppb en deux ans correspond au début d'une nouvelle tendance à la hausse de la teneur de l'atmosphère en CH<sub>4</sub>. Pour mieux comprendre les processus qui influent sur les émissions de méthane, il faudrait effectuer davantage de mesures *in situ* à proximité des sources de ce gaz.

### Protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

de CO<sub>2</sub> résultant de l'exploitation de combustibles fossiles. Les 45 % restants sont éliminés de l'atmosphère par les océans et la biosphère terrestre. En 2008, en moyenne mondiale, le rapport de mélange du CO<sub>2</sub> s'élevait à 385,2 ppm, soit une progression de 2 ppm depuis l'année précédente (figure 3). Ce rythme d'augmentation est plus élevé que la moyenne calculée pour les années 90 (environ 1,5 ppm par an), du fait surtout de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'exploitation de combustibles fossiles.

### Méthane (CH<sub>4</sub>)

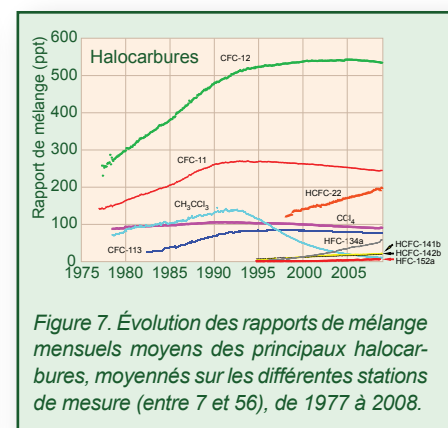
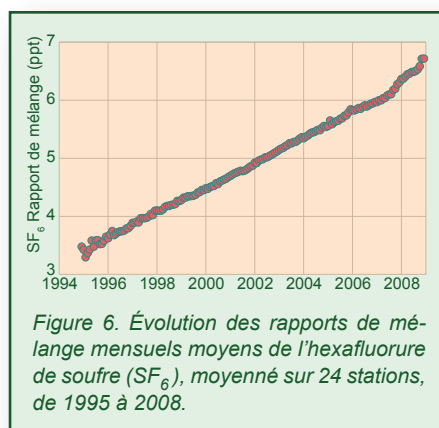
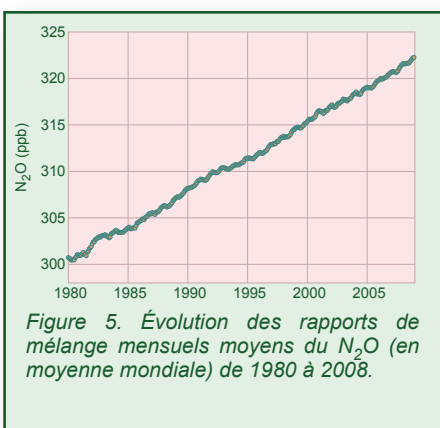
Le CH<sub>4</sub> contribue à hauteur de 18,2 %<sup>2)</sup> au forçage radiatif global. Les sources d'émission du méthane dans l'atmosphère sont naturelles (40 % environ: zones humides, termites, etc.) et anthropiques (60 % environ: ruminants, riziculture, exploitation de combustibles fossiles, décharges, combustion de la biomasse, etc.). Ce gaz est éliminé de l'atmosphère principalement par réaction avec le radical hydroxyle (OH). Avant l'ère industrielle, la teneur de l'atmosphère en CH<sub>4</sub> était d'environ 700 ppb (ppb = nombre de molécules du gaz à effet de serre considéré par milliard (10<sup>9</sup>) de molécules d'air sec) et l'augmentation des émissions anthropiques de ce gaz ont entraîné un accroissement de 157 % de la teneur de l'atmosphère en méthane. En 2008, en moyenne mondiale, la teneur de l'atmosphère en CH<sub>4</sub> était de 1797 ppb, soit une augmentation de 7 ppb par rapport à l'année précédente, cette teneur étant supérieure à la valeur

Le N<sub>2</sub>O contribue à hauteur de 6,2 %<sup>2)</sup> au forçage radiatif global. Son rapport de mélange dans l'atmosphère était de 270 ppb avant l'ère industrielle. Les sources d'émissions de ce gaz dans l'atmosphère sont naturelles ou anthropiques (océans, sols, combustion de la biomasse, engrais et divers processus industriels), les activités humaines représentant environ 40 % des émissions totales. Le protoxyde d'azote est éliminé de l'atmosphère par les processus photochimiques qui se produisent dans la stratosphère. En 2008, en moyenne mondiale, le rapport de mélange du N<sub>2</sub>O était de 321,8 ppb, soit 0,9 ppb de plus qu'en 2007 (figure 5) et une progression de 19 % depuis l'époque préindustrielle. Le rythme annuel moyen d'augmentation du N<sub>2</sub>O a été de 0,78 ppb sur les 10 dernières années.

### Autres gaz à effet de serre

L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) est un puissant gaz à effet de serre persistant réglementé par le Protocole de Kyoto. Il est produit artificiellement et utilisé comme isolant électrique. Le rapport de mélange du SF<sub>6</sub> a doublé depuis le milieu des années 90 (figure 6).

Les chlorofluorocarbures (CFC) destructeurs d'ozone et les gaz halogénés mineurs contribuent à hauteur de 12 %<sup>2)</sup> au forçage radiatif de l'atmosphère du globe. Si les CFC et la plupart des halons sont en diminution, les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et les hydrofluorocarbures (HFC), eux aussi de puissants gaz à





effet de serre, progressent à un rythme rapide, même s'ils sont encore peu abondants (figure 7).

L'ozone troposphérique a une durée de vie relativement courte, mais l'effet de serre lié à l'augmentation de sa concentration depuis un siècle en raison des activités humaines est comparable à celui que produisent les halocarbures, bien que moins certain. Il est difficile en effet d'évaluer sa répartition et son évolution à l'échelle planétaire en raison de sa distribution géographique très inégale et de sa forte variabilité temporelle.

Beaucoup d'autres polluants (monoxyde de carbone, oxydes d'azote, composés organiques volatils, etc.), bien qu'insignifiants en tant que gaz à effet de serre, influent indirectement sur le forçage radiatif par leur action sur l'ozone troposphérique, le CO<sub>2</sub> et le méthane. Les aérosols (particules en suspension), y compris le carbone noir, sont eux aussi des substances éphémères qui ont un impact sur le forçage radiatif.

Tous les gaz cités ici ainsi que les aérosols font l'objet d'une surveillance dans le cadre du Programme de la VAG, financé par les pays Membres de l'OMM, et des réseaux qui y contribuent.

### Distribution des bulletins

Le Secrétariat de l'OMM établit et distribue les bulletins en collaboration avec le CMDGS, hébergé par le Service météorologique japonais, et le Groupe consultatif scientifique pour les gaz à effet de serre relevant de la VAG, tout en bénéficiant du soutien du Laboratoire de recherche sur le système terrestre de la NOAA. On peut consulter ces bulletins sur la page Web du Programme de la VAG, à l'adresse <http://www.wmo.int/gaw/>, et sur les pages d'accueil du CMDGS (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>) et du *Carbon Cycle Greenhouse Gases Group* de la NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>).

### Remerciements et sites Internet

Quarante-cinq pays Membres de l'OMM ont transmis des données sur le CO<sub>2</sub> au CMDGS. Environ 50 % des résultats de mesures communiqués au CMDGS émanent de sites qui font partie du réseau coopératif mondial d'échantillonnage d'air relevant du Laboratoire de recherche sur le système terrestre de la NOAA. Le reste du réseau est administré par l'Australie, le Canada, la Chine, le Japon et de nombreux pays européens (voir les rapports nationaux figurant dans le rapport N° 186 de la série consacrée à la VAG, accessible à l'adresse [http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/revise\\_SEPT\\_2009\\_GAW\\_186\\_TD\\_No\\_1487\\_web-pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/revise_SEPT_2009_GAW_186_TD_No_1487_web-pdf)). Le réseau AGAGE (*Advanced Global Atmospheric Gases Experiment*) est un autre réseau affilié à la VAG, dont les données d'observation sont utilisées dans le cadre du présent bulletin. Les stations de surveillance exploitées au titre de la VAG qui ont fourni les données utilisées dans le présent bulletin figurent sur la carte de la figure 2 et sur la liste des stations participantes, qu'on peut consulter sur la page d'accueil du CMDGS à l'adresse <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>. Elles sont aussi mentionnées dans le système GAWSYS (<http://gaw.empa.ch/gawsis/>), administré par l'EMPA (Suisse).

### Contacts

1. Organisation météorologique mondiale, Division de la recherche sur l'environnement atmosphérique, Département de la recherche, Genève.  
Courriel: [AREP-MAIL@wmo.int](mailto:AREP-MAIL@wmo.int)  
Site Web: <http://www.wmo.int/gaw/>
2. Centre mondial de données relatives aux gaz à effet de serre, Service météorologique japonais, Tokyo.  
Courriel: [wdcgg@met.kishou.go.jp](mailto:wdcgg@met.kishou.go.jp)  
Site Web: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

## Quelques observatoires des gaz à effet de serre



Observatoire du TCCON (réseau d'observation de la colonne totale de carbone) à Darwin (Australie). Le TCCON est un réseau au sol de spectromètres haute résolution à transformation de Fourier (FTS) qui fournit des données de qualité sur les rapports de mélange – moyennés sur la colonne – du CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub>, du N<sub>2</sub>O et de plusieurs autres gaz. Les mesures de la colonne totale de CO<sub>2</sub> sont rapportées à l'échelle d'étalonnage de l'OMM via la comparaison des données de FTS avec des profils intégrés mesurés au-dessus des stations du TCCON à l'aide d'instruments *in situ* embarqués sur des aéronefs et eux-mêmes étalonnés selon l'échelle utilisée par l'OMM. Les données fournies par le TCCON ne subissent pas l'influence des processus de transport vertical et peuvent être utilisées pour la vérification des modèles directs et inverses. Elles servent par ailleurs à valider les mesures satellitaires – GOSAT et SCIAMACHY notamment – portant sur la colonne totale de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub>. Établi en 2004, le réseau TCCON a rejoint celui de la VAG en 2009 pour contribuer au programme de mesures. Bon nombre des sites de mesure actuels font aussi partie du réseau – affilié à la VAG – de détection des modifications dans la composition de l'atmosphère (NDACC). Le TCCON comporte aujourd'hui 13 stations d'observation qui vont du Spitzberg, dans l'Arctique, à Lauder, en Nouvelle-Zélande. Le site Web <http://www.tccon.caltech.edu> donne de plus amples informations sur ce réseau. Photo: David Griffith, Université de Wollongong, Australie.



Observatoire atmosphérique du Cap-Vert (CVAO, «Observatorio Atmosferico de Cabo Verde: Humberto Duarte Fonseca») situé près de Calhau, sur l'île São Vicente. Station mondiale de la VAG depuis 2009, il est exploité conjointement par l'Instituto Nacional de Meteorologia e Geofisica de Cabo Verde, l'Université de York (Royaume-Uni) (chimie atmosphérique, <http://www.york.ac.uk/capeverde>), l'Institut Max-Planck pour la biogéochimie (Léna, Allemagne), (gaz à effet de serre, [http://www.bgc.jena.mpg.de/projects/cape\\_verde](http://www.bgc.jena.mpg.de/projects/cape_verde)) et l'Institut Leibniz de recherche sur la troposphère (Leipzig, Allemagne) (aérosols). Photo: René Schwalbe, Institut Max-Planck pour la biogéochimie, Léna, Allemagne.



Observatoire de la chimie atmosphérique à Trinidad Head, Californie (États-Unis d'Amérique); station mondiale de la VAG depuis 2009. Photo: Michael Ives, Université d'État de Humboldt, États-Unis d'Amérique.