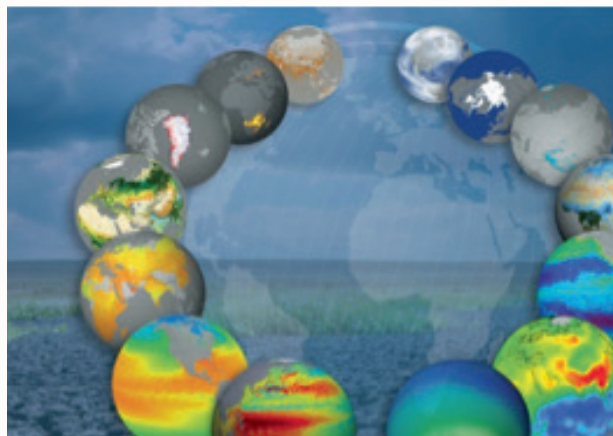


# L'évolution de l'atmosphère dans un climat qui change

## LE SUIVI MINUTIEUX DE L'OZONE, DES GAZ À EFFET DE SERRE ET DES AÉROSOLS À LONG TERME

Figure 1 : Le climat terrestre subit des variations naturelles depuis la nuit des temps. Distinguer cette variabilité naturelle des changements induits par l'humain est important pour faire face aux défis d'aujourd'hui. Les données de satellites étudiant la Terre ont une importance cruciale dans le suivi des principaux paramètres du changement climatique : les variables climatiques essentielles. ©ESA



Le changement climatique est un des principaux défis auxquels notre génération et celles de nos enfants et petits-enfants sont confrontées pour ce XXI<sup>e</sup> siècle. Les observations réalisées depuis la Terre et depuis l'espace ciblant notre atmosphère, les océans et la terre ferme forment une source d'informations unique et capitale pour la compréhension et la réponse au changement climatique.

### L'initiative sur le changement climatique de l'ESA

En réponse à la nécessité de disposer de données climatiques fiables et précises, l'Agence spatiale européenne (ESA) a lancé en 2009 son Initiative sur le Changement Climatique (*Climate Change Initiative, CCI*). Au travers de cet ambitieux programme, l'ESA vise à générer des séries temporelles multi-capteurs d'observations satellitaires à long terme stables pour 14 variables climatiques essentielles (ECV), en incluant également des informations relatives à leurs erreurs et incertitudes. Pareils ensembles de données constituent un puissant outil pour suivre la situation du système climatique, mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à son évolution ainsi que prédire les conséquences d'un changement du climat par le biais de modèles complexes.

L'Institut royal d'Aéronomie spatiale de Belgique (IASB) est activement impliqué dans l'étude de trois de ces variables climatiques essentielles : l'ozone (Ozone\_CCI), les gaz à effet de serre (GHG\_CCI) et les aérosols (Aerosol\_CCI). L'institut produit des ensembles de données permettant d'étudier l'interaction entre les concentrations variables de ces éléments et le bilan radiatif de l'atmosphère, des processus qui sont à la base du changement climatique.

### Observations à long terme de l'ozone

L'étude des interactions entre la couche d'ozone et le climat nécessite des observations s'étalant sur au moins plusieurs décennies. Compte tenu de la durée de vie limitée d'une mission satellitaire, il est capital d'harmoniser de manière aussi optimale que possible les observations fournies par différents instruments, pour obtenir ainsi des séries temporelles très longues, utiles à la recherche climatologique.

L'IASB fournit une contribution substantielle à cet effort, tant par son implication dans des réseaux de mesures terrestres internationaux qu'au travers de la coordination du projet Ozone\_CCI et sa participation notable au sein de celui-ci. Un des principaux succès engrangés fut la production de données multi-capteurs sur la base d'observations fournies par les instruments GOME, SCIAMACHY, GOME-2 et OMI pour des colonnes d'ozone totales, qui restituent la quantité d'ozone présente au-dessus d'un endroit déterminé sur la Terre. La validation de ces ensembles de données, qui a pris non loin de 20 ans, a confirmé que leur qualité satisfait parfaitement aux exigences posées par l'étude de l'évolution du climat.

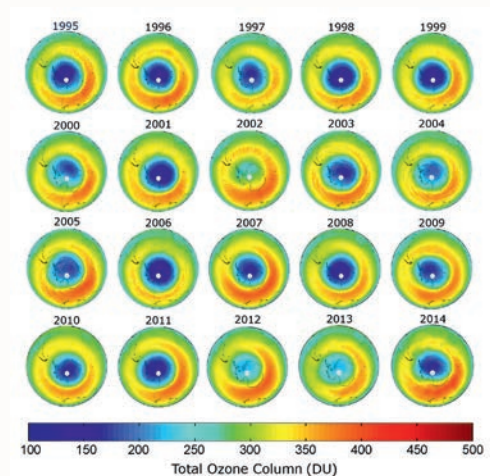


Figure 2 : Évolution de la colonne d'ozone totale au-dessus de l'Antarctique sur les 20 dernières années, déduite des séries temporelles relatives à l'ozone mesurées par les instruments européens GOME, SCIAMACHY, GOME-2 et OMI. Au vu des projections actuelles, lesquelles tiennent compte de l'interaction entre l'ozone et le changement climatique, le trou dans la couche d'ozone ne devrait pas être comblé avant 2050.

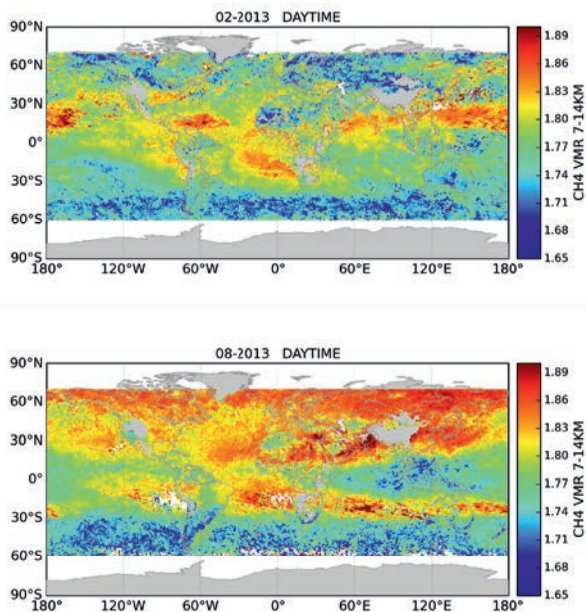


Figure 3 : Les valeurs mensuelles moyennes pour le méthane dans la zone située entre 7 et 14 km pour février 2013 et août 2013 illustrent clairement l'augmentation de la teneur en méthane de l'atmosphère pendant la période de l'été boréal.

### Mesures de précision des gaz à effet de serre

Les deux composants chimiques intervenant dans la problématique du climat les plus connus sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ). Pour fournir des informations variables en vue de la détermination des flux de méthane sur la base de modèles atmosphériques incluant les concentrations observées, les concentrations doivent être mesurées avec grande précision (tolérance inférieure à 2 %). Les satellites ont encore des difficultés à répondre à cet impératif mais l'on s'attache activement à améliorer les données satellitaires.

Dans le cadre du projet GHG\_CCI, l'IASB est responsable de la validation des données satellitaires pour le  $\text{CO}_2$  et le  $\text{CH}_4$  au moyen d'observations bien caractérisées à partir du sol, entre autres au sein du réseau TCCON (Total Carbon Column Observing Network). Depuis 2011, l'IASB entretient et exploite une station d'observation à l'île de La Réunion et en 2016, il installera en partenariat avec BELSPO une nouvelle station à Porto Velho, dans la forêt amazonienne, zone pour laquelle une incertitude persiste quant à la fiabilité des données satellitaires. L'IASB œuvre également à la génération de nouveaux ensembles de données à partir de données satellitaires pour le  $\text{CH}_4$ , assorties d'une meilleure sensibilité aux concentrations, au niveau de la surface terrestre (où est produit le méthane) et offrant davantage de détails concernant leur répartition verticale dans la troposphère.

### Le rôle des aérosols

Les aérosols des sables du désert (poussière, sable) propulsés dans l'atmosphère par des cisaillements de vent sont essentiellement d'origine naturelle mais ils sont également influencés par des activités humaines associées à la désertification, au déboisement et à l'exploitation du sol. Ils influencent le climat de différentes manières, générant parfois des effets contradictoires qui rendent particulièrement ardue la tâche de conclure de manière définitive quant à leurs incidences sur la température à la surface de la terre. Différents paramètres interviennent ici, la répartition verticale des aérosols figurant parmi les principaux. C'est pour cette raison que l'IASB concentre prioritairement son activité de recherche sur ce point. Des mesures au nadir réalisées par le satellite de l'IASB



Figure 4 : Le 10 mai 2003, le volcan Anatahan, un volcan plutôt discret des Mariannes, entre en éruption. Même si, au niveau global, les retombées de cette éruption sont très réduites, certains scientifiques soupçonnent l'accumulation d'éruptions de ce type dans les régions tropicales d'avoir engendré l'augmentation graduelle des teneurs en aérosols stratosphériques depuis l'an 2000. D'autres attribuent la cause de cette augmentation essentiellement à l'humain (exploitation du charbon, pollution domestique et urbaine). La série temporelle GOMOS devrait permettre de faire la clarté sur ce point. © USGS

en infrarouge ont permis de distiller pour la première fois des informations relatives à deux couches d'aérosols indépendantes à partir de données de colonnes.

La troposphère n'est pas le seul endroit où les aérosols jouent un rôle. Ils peuvent également atteindre la stratosphère via la circulation atmosphérique globale, surtout lors de mégas-éruptions volcaniques. De par leur incidence sur le rayonnement, la physico-chimie et la dynamique de l'atmosphère, ils sont, lors de périodes de ce type, des acteurs déterminants du climat. Les modèles climatologiques actuels recourent essentiellement à des climatologies d'aérosols stratosphériques sur la base d'expérimentations satellitaires historiques. Les scientifiques de l'IASB sont ainsi parvenus à créer des séries temporelles de données d'aérosols stratosphériques à l'aide de mesures par occultation stellaire réalisées par l'instrument GOMOS embarqué dans le satellite Envisat. Cet instrument est utilisé, entre autres, pour l'élaboration d'un inventaire des sources d'aérosols, dans le but d'identifier les influences respectives des volcans et des sources humaines dans l'augmentation graduelle des quantités d'aérosols dans la stratosphère depuis l'an 2000.

### Investir dans l'avenir

L'IASB continuera également de s'engager à l'avenir dans la recherche climatologique au sein de programmes non seulement européens mais également belges. Ainsi, ses chercheurs œuvrent actuellement d'arrache-pied à la préparation de la mission ALTIUS, la première mission belge d'observation de la stratosphère par microsatellite. La mission visera entre autres une grande quantité de gaz associés au changement climatique, et comprendra des recherches destinées à déterminer les quantités dans lesquelles ils apparaissent dans les couches les plus élevées de l'atmosphère : ozone, vapeur d'eau, dioxyde d'azote, oxyde de brome, méthane et aérosols.

### L'auteure

Karolien Lefever, Institut royal d'Aéronomie spatiale de Belgique (IASB), Service Communication