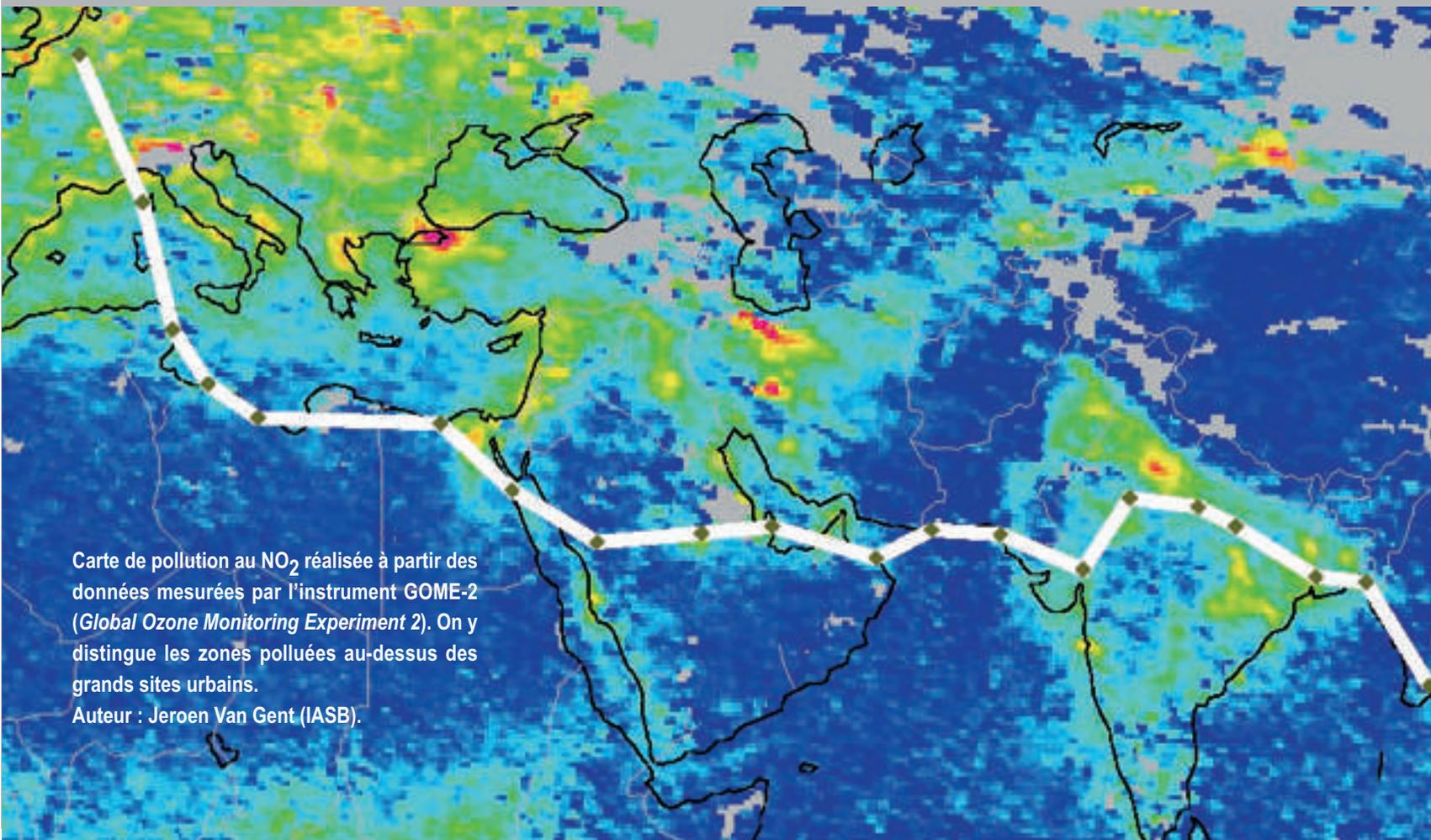


Earth Challenge, une aventure humaine et scientifique pour l'environnement

* Alexis Merlaud, Caroline Fayt et François Vermer

Rallier l'Australie à la Belgique en attirant l'attention sur les menaces pesant sur l'environnement et les populations, tel était l'objectif du projet *Earth Challenge*. L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique (IASB) et l'Institut royal météorologique (IRM) ont tous deux soutenu ce projet en fournissant chacun leur expertise respective dans le domaine de la pollution atmosphérique et des prévisions météorologiques.

Pour l'IASB, cette aventure a été l'occasion d'expérimenter, sur l'un des appareils de l'expédition, un nouvel instrument de télédétection, l'ULM-DOAS. Cet instrument a mesuré, durant les vols, la concentration en dioxyde d'azote (NO_2), l'un des polluants majeurs présents dans les basses couches de l'atmosphère. Outre l'intérêt de construire un appareil compact et robuste, à la fois utile pour la recherche fondamentale et pour les services scientifiques, les données récoltées couvrent également les régions intertropicales pour lesquelles peu d'informations sur la pollution sont actuellement disponibles.



Carte de pollution au NO_2 réalisée à partir des données mesurées par l'instrument GOME-2 (*Global Ozone Monitoring Experiment 2*). On y distingue les zones polluées au-dessus des grands sites urbains.

Auteur : Jeroen Van Gent (IASB).

À l'origine, ce projet *Earth Challenge* est le fruit de quelques passionnés d'aviation légère, rassemblés autour de l'association « ULM sans frontières » (USF-Belgique), pour mettre sur pied un projet de vol ralliant Sydney (Australie) à Bruxelles, en deux grandes phases : du 5 au 30 avril 2009 et du 30 octobre au 5 décembre 2009, avec arrêt à Bangkok (Thaïlande), durant la période des moussons. Au total, ce seront près de 27.000 km qui auront été parcourus par les quatre ULM engagés dans ce challenge.

Pour quel objectif ?

Ce projet doit être l'occasion de sensibiliser davantage les citoyens aux enjeux écologiques majeurs liés aux changements climatiques et à la pollution. Pour y arriver, l'équipe de *Earth Challenge* a proposé de réaliser une sorte de constat, un bilan de santé de la planète, en survolant des régions particulièrement vulnérables comme la Grande barrière de corail australienne, les forêts primaires d'Indonésie, le delta du Gange, et les mégapoles polluées du sud, telles que New Delhi, Karachi, Ryad, Le Caire... Tout au long du parcours, l'importance des questions environnementales sera également documentée grâce aux groupes locaux du *World Wildlife Fund* (WWF), également partenaire du projet, ainsi qu'aux multiples discussions avec les habitants des régions survolées. De même, un film-documentaire relatant l'expédition sera également réalisé par M. De Maegd et programmé dans le cadre de la saison 2009-2010 de « Exploration du Monde ».



Escadron des 4 ULM de type Coyote Rans S6, utilisés pour ce projet *Earth Challenge*.



Partenariat avec l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique

C'est le désir de conférer au projet un intérêt scientifique qui est à l'origine d'une collaboration entre les participants de ce défi et l'équipe de Michel Van Roozendael, à l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique (IASB). Parmi ses activités, l'IASB s'intéresse, par exemple, à l'étude expérimentale et à la modélisation de la pollution atmosphérique à l'échelle globale. Par pollution atmosphérique, on entend la contamination de l'atmosphère par divers gaz ou particules présents dans les basses couches de l'atmosphère, essentiellement la troposphère (de la surface du Globe à environ 10 km d'altitude) et la stratosphère (entre 10 et 50 km).

Ces polluants atmosphériques sont produits soit de manière naturelle (émissions volcaniques, décomposition des matières organiques...), soit par les activités humaines (industries, transports, utilisation d'engrais dans l'agriculture ...). Parmi ces polluants, on retrouve le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone troposphérique (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2), le formaldéhyde (HCHO), les aérosols, etc.

Malgré leur faible concentration, ces composés perturbent les équilibres physico-chimiques de l'atmosphère : effet de serre, couche d'ozone stratosphérique, pouvoir oxydant de l'atmosphère... Ils peuvent aussi diminuer la productivité agricole et s'avérer toxiques pour notre santé, en provoquant, par exemple, des irritations oculaires ou des problèmes respiratoires.



Signal de pollution au NO_2 enregistré par l'instrument ULM-DOAS, lors du survol du cimetière de bateaux de Chittagong (Bangladesh).



Le dioxyde d'azote, un indicateur de pollution urbaine

Dans le cadre de la mission *Earth Challenge*, l'IASB a avant tout concentré ses efforts sur le NO_2 . Celui-ci se forme dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) qui se dégage essentiellement en milieu urbain, lors des combustions des énergies fossiles liées au trafic et aux activités industrielles.

Ce gaz, irritant pour nos bronches, contribue également à la formation de pluies acides qui accélèrent la corrosion des matériaux. Il est aussi en partie responsable du smog photochimique, une sorte de voile brunâtre qui est parfois visible au-dessus des grandes villes, et qui mélangé aux hydrocarbures d'origine naturelle ou anthropique, mène à l'apparition de pics d'ozone troposphérique.

Concrètement, la participation de l'IASB au projet a été de réaliser des mesures de qualité de l'air en quantifiant les niveaux de pollution au dioxyde d'azote (NO_2) dans les régions survolées. Un des quatre appareils participant à l'expédition a ainsi été équipé d'un instrument DOAS (voir encadré). Initialement, ce type d'instrument était prévu pour effectuer des mesures à partir du sol, entre autres dans les stations du réseau NDACC (*Network for the Detection of Atmospheric Composition Change*). Progressivement, cette technologie a été installée sur diverses plateformes : des

ballons sondes, des satellites et même des avions de ligne. Récemment, l'IASB a également équipé une voiture de la sorte, pour mesurer la pollution en milieu urbain.

Pour des ULM, il s'agit d'une première ! L'instrument, baptisé naturellement ULM-DOAS (ci-dessous), est basé sur un spectromètre ultra-violet / visible compact, commandé par un ordinateur miniature. Une fibre optique, fixée sous l'aile de l'ULM, transmet la lumière à un boîtier contenant le spectromètre qui est placé dans la cabine. Un GPS permet enfin un géoréférencement des mesures. Les contraintes d'une telle expérience en vol sont évidemment très différentes de celles en laboratoire ou même de celles liées au fonctionnement des instruments basés au sol. En effet, divers critères d'encombrement, de poids et de consommation électrique doivent tous trois être minimisés au maximum. Par ailleurs, l'instrument doit aussi pouvoir supporter les vibrations, réaliser l'acquisition des données sur de



longues périodes et être complètement automatisé, de manière à demander le minimum d'intervention en vol. Il doit enfin permettre de vérifier quotidiennement la qualité des mesures effectuées. Le savoir-faire du département de mécanique de l'IASB, sous la responsabilité de Jeroen Maes, a grandement contribué à la réussite de ce projet.

Instrument « ULM-DOAS », développé par l'IASB pour le projet *Earth Challenge*, comprenant un spectromètre, un ordinateur miniature, une fibre optique et un récepteur GPS.



En quoi le projet est-il scientifiquement intéressant ?

Le NO_2 est déjà mesuré en continu depuis les stations au sol et depuis l'Espace par les satellites. Les stations du réseau NDACC fournissent en particulier des séries temporelles fiables. Cependant, la plupart de ces stations sont concentrées dans l'hémisphère Nord, en dehors des régions tropicales. Quant aux mesures satellitaires, elles permettent une couverture globale de la Terre, mais leur résolution spatiale reste toutefois limitée. L'instrument GOME-2 sur la plateforme MetOp a par exemple une résolution spatiale de $80 \times 40 \text{ km}^2$.

La mission *Earth Challenge* vient compléter ces observations, grâce à une résolution spatiale plus fine que celles des satellites, en traversant des régions où les stations de mesures au sol sont quasiment inexistantes. L'expérience de l'IASB dans l'analyse des données satellitaires et la modélisation atmosphérique permettra d'optimiser l'exploitation scientifique du projet, en comparant ces trois sources d'informations, aux avantages complémentaires. Ces mesures pourraient également être reproduites en Belgique et comparées aux modèles de prévisions de qualité de l'air existants (AURORA/VITO). ✱



Les méthodes spectroscopiques de type « DOAS »

La Spectroscopie optique d'absorption différentielle (DOAS) est une technique de mesure capable de fournir des données quantitatives sur de nombreux constituants atmosphériques, qui absorbent en partie la lumière dans l'ultraviolet et le visible. Cette méthode s'applique en particulier à plusieurs polluants majeurs (dioxyde d'azote, ozone, formaldéhyde, dioxyde de soufre...). Elle consiste à analyser à l'aide d'un spectromètre, la lumière diffusée par l'atmosphère. Les gaz présents sur le trajet optique absorbent la lumière de manière tout à fait spécifique, et ce d'autant plus que leur concentration est élevée. En pratique, un instrument produit des spectres (graphes de l'intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde) dans lesquels on quantifie les différences d'absorption entre les longueurs d'onde pour lesquelles l'absorption est la plus forte et les longueurs d'onde pour lesquelles l'absorption est la plus faible. Cette première étape permet d'obtenir la concentration de la molécule d'intérêt, intégrée sur tout le trajet optique. Il faut donc ensuite calculer ce trajet optique afin de localiser les absorptions dans l'atmosphère et produire une quantité géophysique exploitable. Ces deux étapes d'analyse nécessitent l'utilisation d'algorithmes mathématiques spécifiques, en partie développés à l'IASB

Plus

L'Earth Challenge :
www.earthchallenge.be