

Transports à longue distance de polluants détectés par les AIRCORES

M. Ramonet¹, Th. Laemmel¹, E. Blandin¹, J. Moyé¹, M.Lopez¹, P.Y. Quéhé², J. Sciare², J. Pernin³, C. Crevoisier³, A. Agusti-Panareda⁴

¹: LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris Saclay, Gif-sur-Yvette, France

²: The Cyprus Institute, Nicosia, Cyprus

³: LMD/IPSL, CNRS, Ecole polytechnique, Université Paris-Saclay, Palaiseau, France

⁴: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading, RG2 9AX, UK

Contact: Michel Ramonet, LSCE, CEA/CNRS/UVSQ, Université Paris-Saclay
(michel.ramonet@lsce.ipsl.fr)

L'AIRCORE est un système unique d'échantillonnage d'air pour la mesure des profils verticaux des concentrations de gaz à effet de serre de la surface à la stratosphère jusqu'à 30 km d'altitude. La technique de prélèvement des AIRCORES, imaginée par P.Tans à la NOAA en 2008, consiste à transporter jusqu'à la stratosphère à l'aide d'un ballon météorologique un tube de plusieurs dizaines de mètres. Celui-ci, fermé à une extrémité, ouvert à l'autre, se remplit progressivement d'air lors de sa descente. L'analyse de l'air stratifié dans le tube permet de reconstruire les profils verticaux des gaz à effet de serre (GES).

De telles mesures représentent un complément idéal aux programmes d'observation des GES en surface, tel que l'infrastructure de recherche européenne ICOS (www.icos-cp.eu), et aux mesures verticales de colonne totale développées dans TCCON en particulier pour la validation des mesures satellitaires. Un programme régulier de sondages verticaux de GES selon la méthode AIRCORE est mis en place en France dans le cadre d'une collaboration entre le LSCE, le LMD, la GSMA et le CNES, visant des lancements mensuels depuis trois sites (Trainou, Aire-sur-Adour et Reims). Par ailleurs en collaboration avec le Cyprus Institute, un programme AIRCORE a également été démarré en juin dernier à Chypre dans le cadre du projet européen EMME-CARE (emme-care.cyi.ac.cy).

Les mesures obtenues à partir des AIRCORES permettent de documenter la distribution verticale des gaz à effet de serre dans la troposphère et la stratosphère, mais aussi de valider des modèles de transport atmosphérique telles que les prévisions du programme Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). Deux exemples de mesures récentes à la station ICOS de Trainou, en forêt d'Orléans, et à Chypre sont présentés ici pour illustrer le transport à longue distance des polluants.

Le premier exemple présente les résultats obtenus lors des premiers lancements d'AIRCORE à Chypre en juin 2020. Des augmentations significatives des concentrations de CO₂, CH₄ et CO sont observées les 29 et 30 juin dans la haute troposphère entre 12 et 16 km d'altitude (Figure 1). Afin de comprendre l'origine de cette couche de pollution d'altitude nous avons extrait les mêmes informations simulées par le modèle du centre européen. Celui-ci reproduit avec une bonne précision les structures observées dans cette zone, ce qui nous permet d'utiliser avec confiance cet outil pour déterminer que la couche de pollution observée au-dessus de Chypre est issue des émissions en Inde. Les polluants émis à la surface sont transportés en altitude par les mouvements convectifs associés à la mousson indienne, avant d'être transportés vers l'Afrique du Nord puis la Méditerranée par le jet

stream en haute troposphère (Figure 2). D'après la simulation et épisode dure 6 jours du 24 au 30 juin 2020.

Le deuxième exemple plus récent et plus proche de nous présente lui aussi une couche de pollution observé dans la troposphère à partir des AIRCORES lancé depuis la station ICOS de Trainou en forêt d'Orléans (icos-atc.lscce.ipsl.fr/TRN). Le profil du 15 septembre 2020 indique trois maxima de monoxyde de carbone (CO) au niveau de la surface et dans la troposphère vers 8 et 12 km (Figure 2). Le premier correspond au panache de CO issu d'un feu de forêt à Souesme (50 km au sud de Trainou) les 14 et 15 septembre, et dont la trace est parfaitement visible sur les enregistrements de la tour ICOS du Trainou (Figure 2). Les deux pics observés dans la troposphère et simulés par le modèle CAMS correspondent au passage du panache de CO émis par les feux intenses sur la côte ouest américaine. Le modèle, validé par les mesures d'AIRCORES, indique que le panache de CO était nettement plus marqué (jusqu'à 100 ppb d'augmentation vers 8km d'altitude) du 11 au 13 septembre 2020.

Ces exemples montrent la force des AIRCORES comme méthode d'observation des profils verticaux de CO₂, CH₄ et CO dans la troposphère et la stratosphère. Ces mesures apportent un outil unique de validation des modèles de transport atmosphérique et des mesures satellitaires de colonne totale de ces gaz. Le consortium français composé du LSCE, du LMD du GSMA et du CNES est à la pointe des programmes d'observation par AIRCORE, puisque de tels programmes de mesure réguliers n'existent à ce jour qu'en France, aux Etats-Unis et en Finlande, et que nous collaborons avec le Cyprus Institute pour la pérennisation du nouveau site ICOS et AIRCORE sur l'île de Chypre.

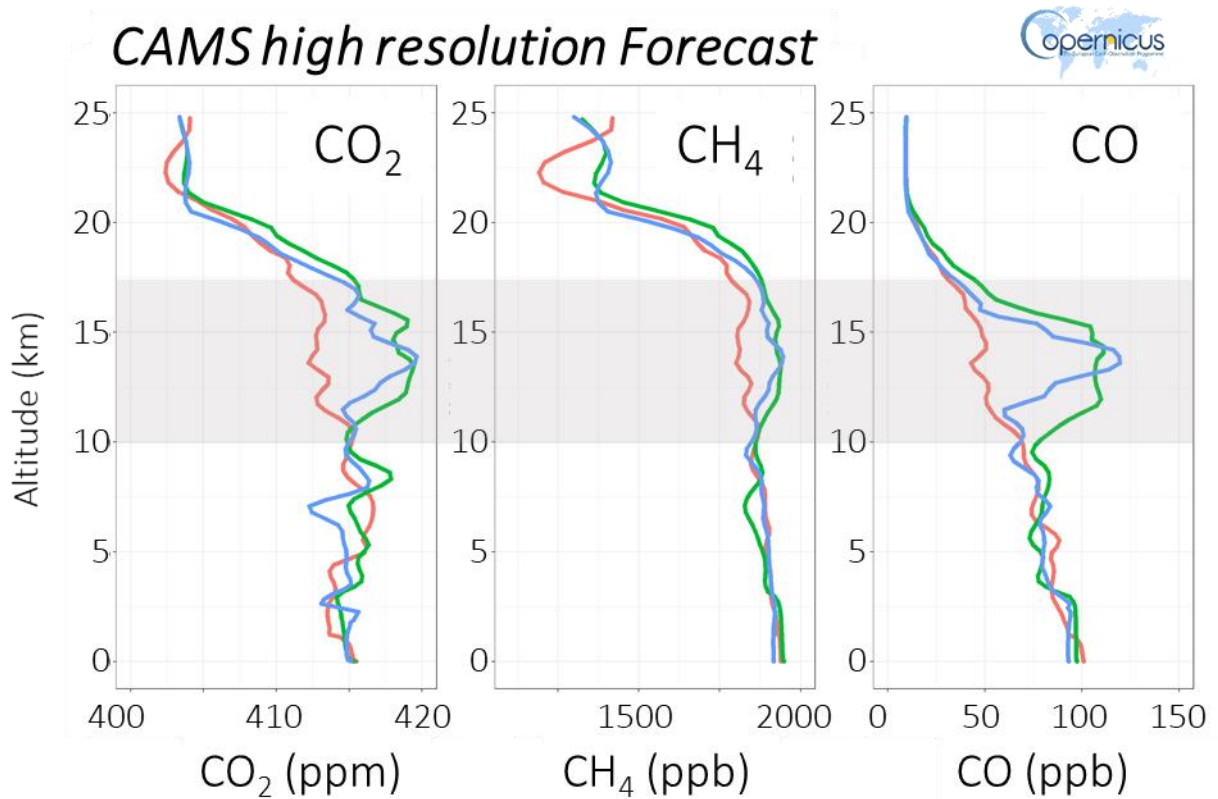
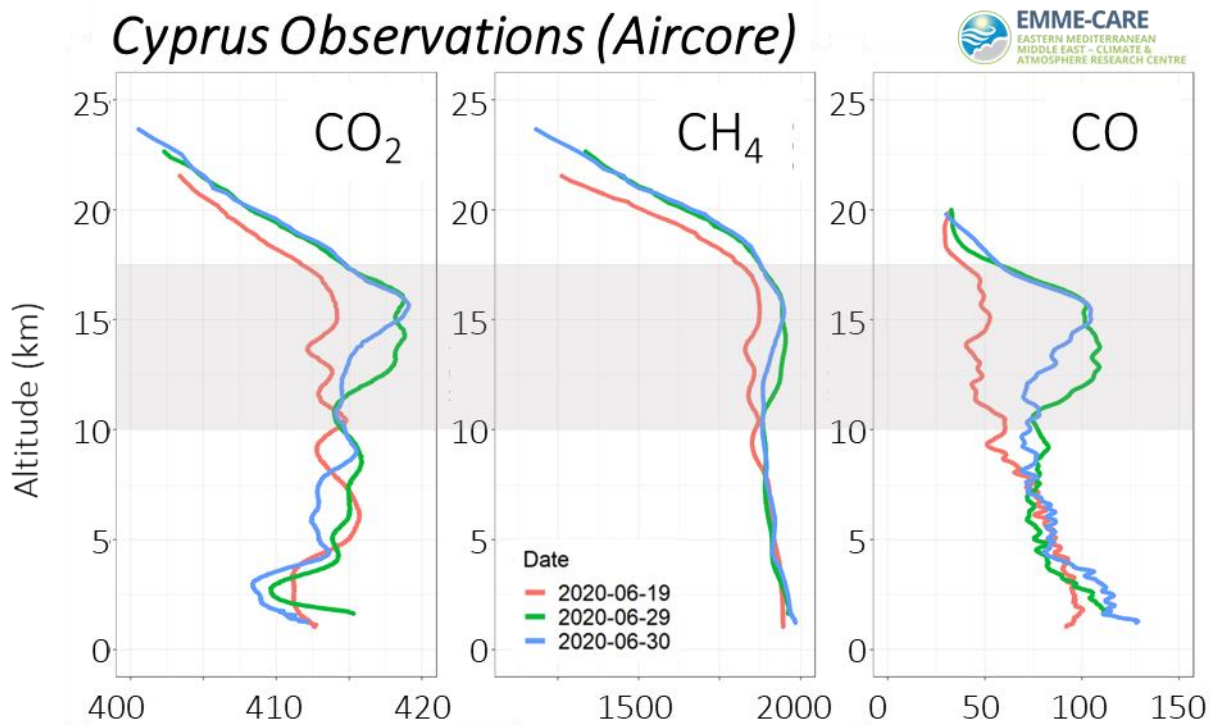


Figure 1: Profils verticaux de CO₂, CH₄ et CO mesurés (panel du haut) et simulés par le modèle CAMS (panel du bas) au-dessus de Chypre en juin 2020.

CO₂ concentration
Monday 29 Jun, 00UTC at 13.4 km altitude

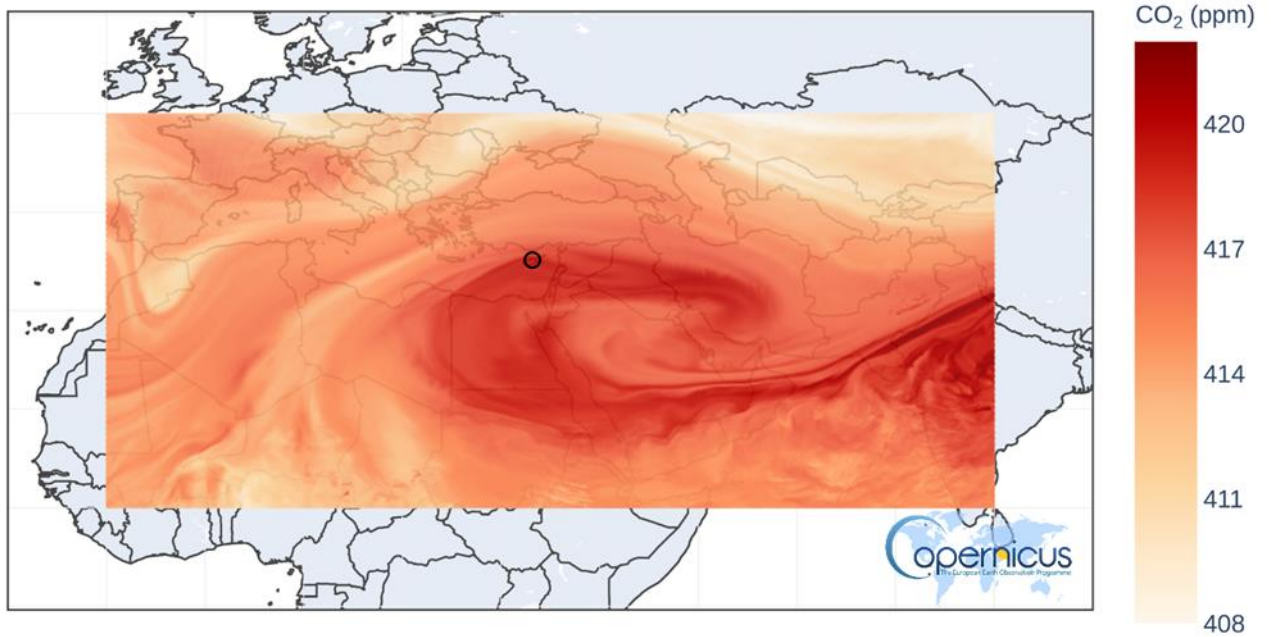


Figure 2: Distribution des concentrations de CO₂ simulées par le modèle CAMS le 29 juin 2020 à une altitude de 13.4 km. Le cercle noir représente la zone échantillonnée par les AIRCORES.

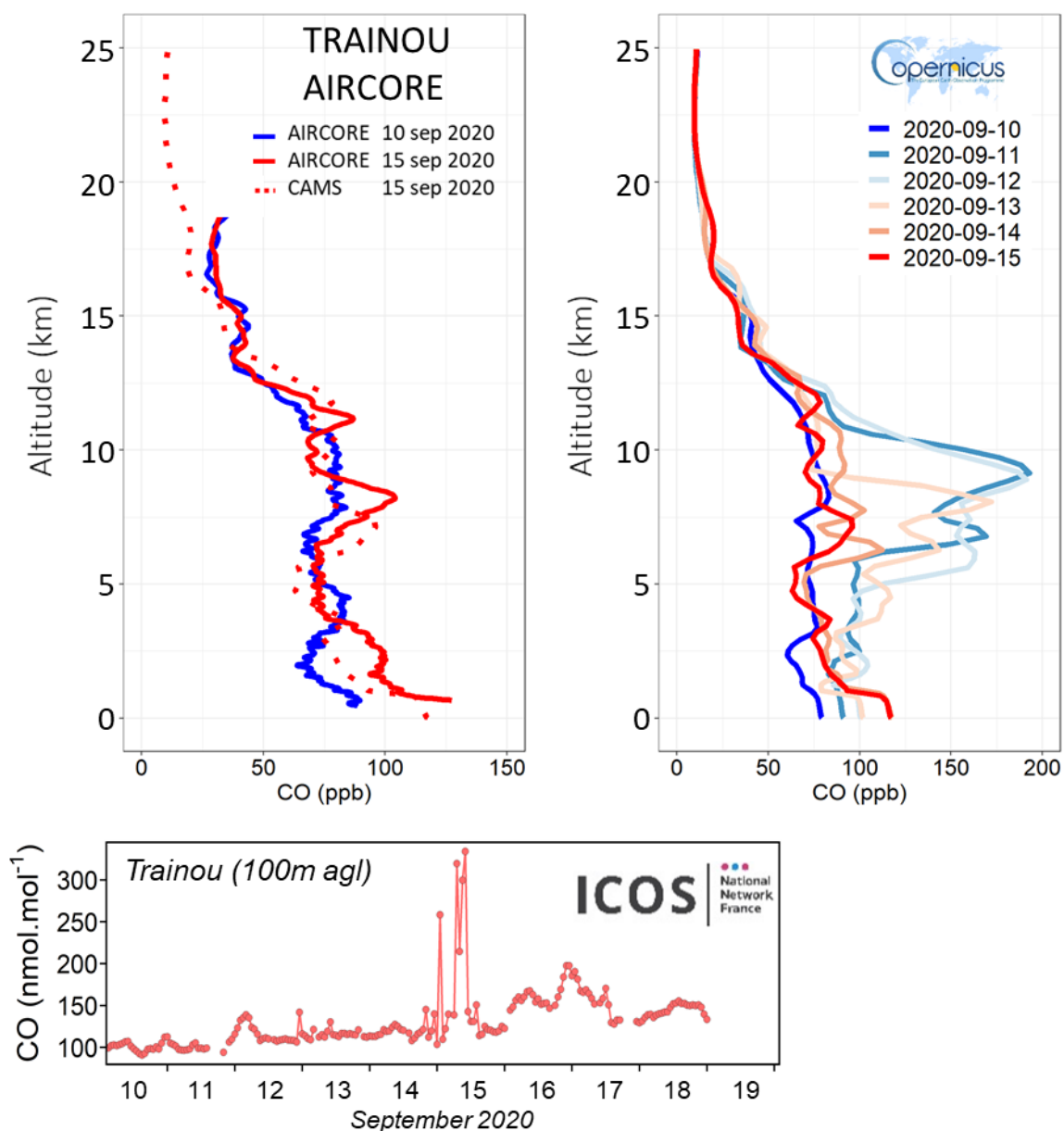


Figure 3: Profils verticaux de CO₂, CH₄ et CO mesurés (panel du haut à gauche) et simulés par le modèle CAMS (panel du haut à droite) au-dessus de l'observatoire ICOS de Trainou en septembre 2020. En bas la mesure du CO au niveau de la tour ICOS du Trainou en Forêt d'Orléans (100m au-dessus du sol) avec un pic marqué les 14-15 septembre, en raison d'un incendie à Souesme en Forêt de Sologne à 50 km au sud de Trainou.