

Etude des feux de biomasse tropicaux : suivi depuis l'espace des gaz à effet de serre à l'aide des observations hyperspectrales infrarouge de IASI

Thibaud Thonat, Cyril Crevoisier, Alain Chédin, Raymond Armante, Laurent Crépeau et Noëlle A. Scott

Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex, France

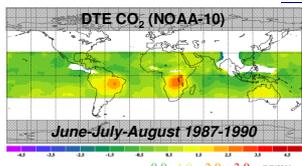
Contact : thibaud.thonat@lmd.polytechnique.fr

Introduction

Les feux émettent chaque année plus de 2 GtC dans l'atmosphère, un montant qui représente environ un tiers des émissions anthropiques, et qui contribue fortement aux variations interannuelles de gaz à effet de serre majeurs : CO₂ (90% des émissions), CO (9%) et CH₄ (<1%).

Pour étudier les émissions des feux, notre approche consiste à regarder les concentrations des gaz émis dans l'atmosphère et à étudier les liens entre CO₂, CO et CH₄ troposphériques. Pour cela, l'apport des observations spatiales est inestimable car elles offrent une couverture spatiale bien plus large que les mesures de surface, en particulier dans les tropiques, où sont localisées 80% des émissions.

1. Suivi des émissions des feux à partir des sondes infrarouges

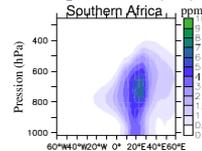
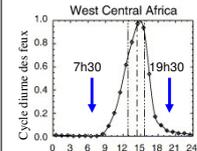


Les sondes infrarouges à bord de satellites polaires passent au-dessus d'un même point deux fois par jour. NOAA-10 observe ainsi le CO₂ de jour et de nuit, permettant d'étudier la différence entre le CO₂ estimé de nuit et de jour. On appelle cette différence le **Daily Tropospheric Excess (DTE) de CO₂** (voir figure-ci contre). Elle est quantitativement reliée aux émissions des feux (Chédin et al., 2005, 2008).

Les deux origines de l'observation du DTE :

Le cycle diurne de l'activité des feux

La convection des émissions de CO₂ dans la troposphère

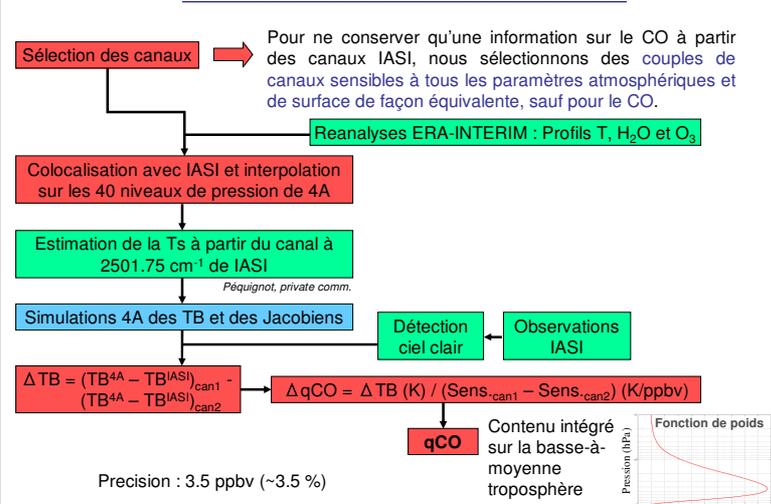


Pendant la journée, le CO₂ est émis par les feux, atteint de hautes altitudes et s'accumule dans la troposphère. Quand le satellite passe de nuit, il voit cette accumulation ; quand il repasse le matin suivant, avant que les feux n'aient repris, les émissions ont été dissipées par la circulation générale.

Prendre la différence de CO₂ estimé entre la nuit et le jour permet ainsi d'avoir accès seulement aux émissions des feux.

Le signal obtenu, de 2 à 3 ppmv, est à comparer à l'amplitude du cycle saisonnier du CO₂, d'environ 6 ppmv dans les tropiques nord. C'est donc un signal assez faible, d'autant plus qu'il est très localisé spatialement. Le CO, par contre, est connu pour être un bon proxy des émissions des feux, son évolution temporelle étant en majeure partie gouvernée par les feux. C'est pourquoi nous nous concentrons sur le CO, estimé à partir de l'instrument du CNES IASI, pour étudier le cycle diurne des émissions des feux.

3. La méthode d'estimation du CO



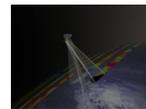
2. L'instrument IASI



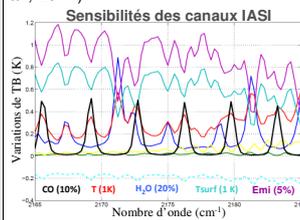
IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer), développé par le CNES en collaboration avec EUMETSAT, est un Spectromètre à Transformée de Fourier basé sur un Interféromètre de Michelson couplé à un système imageur intégré qui mesure le rayonnement infrarouge émis par la Terre.

• Lancé le 19 octobre 2006 à bord de MetOp-A et déclaré opérationnel en juillet 2007, IASI possède :

- 8461 canaux entre 645 et 2760 cm⁻¹ (15.5 - 3.63 μm) ;
- une résolution spectrale de 0.5 cm⁻¹ après apodisation ;
- un intervalle spectral de 0.25 cm⁻¹.



• Les canaux de IASI sont sensibles au CO autour de 4.7 μm comme on peut le voir sur la figure ci-dessous qui montre la variation de Température de Brilliance (TB) induite pour chaque canal IASI par une variation typique de la concentration de plusieurs gaz et des paramètres de surface. Ces simulations ont été réalisées à partir de la base de données atmosphériques TIGR, avec le modèle de transfert radiatif 4A (Scott and Chédin, 1981) dans sa version opérationnelle 4AOP-2009 (<http://www.noveltis.fr/4AOP/>), utilisant la dernière version de la base de données spectroscopiques GEISA (Jacquinot-Husson et al., 2011).



Pour chaque canal et pour chaque situation TIGR, la variation de TB (en K) pour une variation donnée d'une variable atmosphérique ou de surface est calculé à partir des Jacobiens de 4AOP-2009 :

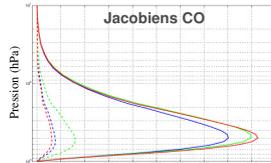
$$\Delta T_b(T) = \sum_{n=1}^{n=42} \frac{\partial T_b}{\partial T}(nl) * \Delta T(nl) \quad \text{pour la température}$$

$$\Delta T_b(q_{gas}) = \sum_{n=1}^{n=42} \frac{\partial T_b}{\partial q_{gas}}(nl) * \Delta q_{gas}(nl) \quad \text{pour un gaz donné}$$



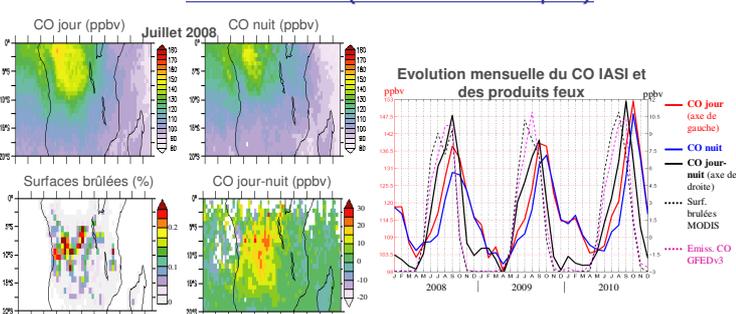
D'après les Jacobiens CO tracés ci-contre pour trois couples de canaux, les canaux IASI sont sensibles au CO dans la basse-à-moyenne troposphère.

➔ Estimation d'un contenu intégré de CO sur la basse-à-moyenne troposphère.



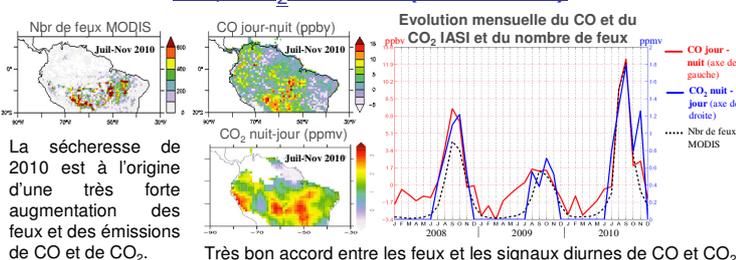
• Les données IASI sont régulièrement archivées au LMD via le Centre de Produits et de Services de Chimie de l'Atmosphère Ether (<http://ether.ipsl.jussieu.fr/>), depuis EUMETCast, le système de diffusion des données environnementales d'EUMETSAT.

4. CO et feux (Sud de l'Afrique)



Bien que l'évolution du CO troposphérique soit gouvernée en grande partie par les feux, les excès de CO observés sur la figure ci-dessus, de jour ou de nuit, ne sont pas localisés exactement sur les zones affectées par les feux. Ce désaccord entre CO et feux s'explique probablement par des phénomènes de transport des émissions et par l'accumulation des émissions de CO des précédents mois dans la troposphère. Pour s'en défaire et ne conserver qu'un signal plus directement relié aux feux, nous étudions la moyenne mensuelle des différences jour moins nuit du CO. Il y a un très bon accord entre ce signal diurne de CO et les feux.

CO, CO₂ et feux (Amazonie)



La sécheresse de 2010 est à l'origine d'une très forte augmentation des feux et des émissions de CO et de CO₂. Très bon accord entre les feux et les signaux diurnes de CO et CO₂.

Conclusion

- A partir des observations de IASI nous avons obtenu des estimations de CO et de CO₂ troposphériques en vue d'étudier les liens entre ces deux gaz et les feux.
- Notre étude met en évidence un cycle diurne du CO et du CO₂ troposphériques au Sud de l'Afrique et en Amazonie en accord avec l'activité des feux. Néanmoins, ces cycles sont de signes opposés, ce qui peut s'expliquer par les différentes phases de combustion (« intense » pour CO₂ et « lente » pour CO). La suite de cette étude portera donc sur le transport vertical des émissions des feux.

Chédin et al. (2005). Impact of tropical biomass burning emissions on the diurnal cycle of upper tropospheric CO₂ retrieved from NOAA-10 satellite observations. *J. Geophys. Res.*, 110, D11309. Chédin et al. (2008). A quantitative link between CO₂ emissions from tropical vegetation fires and the daily tropospheric excess (DTE) of CO₂ seen by NOAA-10 (1987-1991). *J. Geophys. Res.*, 113, D05302. Giglio, L. (2007). Characterization of the tropical diurnal fire cycle using VIRS and MODIS observations. *Remote Sens. Environ.*, doi:10.1016/j.rse.2006.11.018. Jacquinot-Husson et al. (2011). The 2009 edition of the GEISA spectroscopic database. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, doi:10.1016/j.jqsrt.2011.06.004. Rio et al. (2010). Numerical simulation of atmospheric injection of biomass burning products by pyro-thermal plumes. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 3463-3479. Roy et al. (2008). The Collection 5 MODIS Burned Area Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product. *Remote Sens. Environ.*, 112, 3690-3707. Scott and Chédin (1981). A fast line-by-line method for atmospheric absorption computations: The Automated Atmospheric Absorption Atlas. *J. Appl. Meteor.*, 20(7), 802-812. van der Werf et al. (2010). Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 11707-11735.