

ACHILLE Newsletter

Lettre semestrielle à l'attention de la communauté ADOMOCA

Numéro 12, Mai 2014

Edito

Le nouveau programme ADOMOCA-3 a été accepté pour une année seulement par le LEFE en mettant en avant l'importance des réunions annuelles permettant de présenter et de discuter les avancées opérées dans chaque laboratoire tant sur les plans technique que scientifique ainsi que la lettre trimestrielle ACHILLE. Nous élargissons la communauté à d'autres équipes au sein de laboratoires identifiés précédemment, soit une trentaine de chercheurs. Nous souhaitons définir des axes de recherche prioritaire qui vont nous permettre de bâtir une proposition d'envergure nationale (e.g. ANR) et/ou internationale (e.g. H2020) afin de financer prioritairement des ressources humaines (thèses et post-docs). Le plan de recherche est ventilé en quatre thèmes : 1) aérosols, 2) composition gazeuse, 3) inversion de sources et estimations des paramètres et 4) méthodologie. Parmi ces 4 thématiques, certaines actions sont déjà structurées comme des projets collaboratifs autour de questions bien identifiées. D'autres, au contraire, sont présentées sous la forme d'actions propres à chaque laboratoire et, dans ce cas, ADOMOCA-3 doit servir à enclencher la synergie entre les différentes équipes.

Cette année, nous allons par conséquent nous retrouver pour un ultime atelier aux Lecques entre le 8 et le 10 septembre 2014. Nous présenterons l'avancée de nos travaux en assimilation puis nous ouvrirons les discussions aux projets d'envergure de type ANR à présenter dès cette année afin de pouvoir augmenter notre potentiel en ressources humaines sur des projets sans doute plus orientés vers l'outil d'assimilation. L'atelier est ouvert à toute la communauté assimilation en chimie atmosphérique. Venez nombreux.

Philippe Ricaud, coordinateur du programme ADOMOCA-3

Le projet ISOTROP

Le projet "Impact of Spaceborne Observations on Tropospheric Composition Analysis and Forecast" (ISOTROP)

Jean-Luc Attié^{1,2}, Rachid Abida², Laaziz El Amraoui², Philippe Ricaud²

Le but général de ce projet où sont impliqués le CNRM-GAME, le LA/UPS, le FMI, le KNMI, le TNO et le NILU est de quantifier le bénéfice du système GEO+LEO sur la compréhension de la composition troposphérique à l'échelle régionale et locale de l'Europe. Le système d'observation satellite LEO+GEO utilisé sera Sentinel-4/5 qui opère en particulier dans l'UV et le proche infra rouge au nadir pour la mesure de l'ozone, du monoxyde de carbone (CO), du formaldéhyde (HCHO) et du dioxyde d'azote (NO₂). Le projet propose donc de faire des Expériences de simulation de systèmes d'observation (OSSE) en utilisant des observations simulées, des modèles de chimie transport (MOCAGE, LOTOS-EUROS) ainsi que des systèmes d'assimilation (3d-FGAT pour MOCAGE et un 4D-Var pour LOTOS-EUROS). Les questions auxquelles ce projet doit répondre :

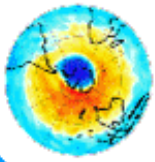
- Quel est le gain pour les modèles et la prévision en assimilant les mesures provenant du LEO (S5P) et du GEO (S4-UVN) ?
- Quelle est l'amélioration pour les concentrations des polluants étudiés dans la couche limite?
- Quelle est l'amélioration sur le transport de polluants sur longue distance et leur impact sur les concentrations dans la couche limite?
- Quelles sont les améliorations concernant les sources épisodiques et les sources fixes dans les modèles ?

Ainsi, l'OSSE sera réalisée de la façon suivante :

- Les observations simulées comme l'ozone, le CO, le NO₂ et le HCHO sont générées et doivent refléter le plus possible les performances des missions futures S4 et S5-P. Pour une OSSE réaliste, il est essentiel d'utiliser les détails complets de la mesure (fonctions de balayage, matrices de covariance, a priori).
- La réalité (Nature run) est réalisée à partir de modélisation de telle façon à refléter aussi le plus

¹ Laboratoire d'Aérodynamique, Université de Toulouse, CNRS UMR3589, France

² CNRM GAME, Météo-France, CNRS UMR3589, France



possible la variabilité et les valeurs d'une atmosphère réelle actuelle et est indépendante du modèle qui réalise l'assimilation. MOCAGE se concentrera sur le NO₂ et le HCHO tandis que LOTOS EUROS réalisera l'ozone et le CO.

- Pour l'OSSE, MOCAGE assimile l'ozone et le CO en évaluant l'impact sur le NO₂ et l'impact du transport de pollution à longue distance sur la qualité de l'air. LOTOS-EUROS se focalise sur le NO₂ et le HCHO et l'optimisation des taux d'émissions en évaluant l'impact sur l'ozone. L'OSSE est réalisée en prenant en compte le système d'observation local, en particulier les observations de stations sol si elles existent.

Assimilation de données

Water Vapour Assimilation in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere

Swagata Payra^{1,2,3}, Philippe Ricaud², Rachid Abida², Jean-Luc Attié^{1,2}, Laaziz El Amraoui², Emmanuel Rivière⁴

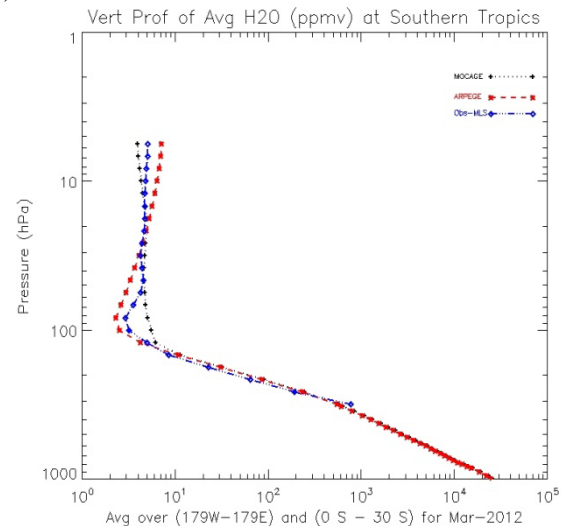
Water vapour is one of the dominant greenhouse gas in the Earth's atmosphere. The effect of water vapour as a greenhouse gas on climate change is a key parameter due to its positive feedback on the earth radiative budget. The evolution of water vapour in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere (UTLS) is still not well understood irrespective of numerous satellite data now available. One of the challenging region is the tropical tropopause layer. The aims of this study within the ANR project TRO-Pico is to understand the dynamical and chemical processes in the tropical UTLS affecting the H₂O budget. Modelling of H₂O, especially in the UTLS, is very difficult because it varies in space, time, and phase. Meteorological analyses from ARPEGE developed at Meteo France is more dehydrated in UTLS region than the observation. Indeed, Figures 1a) and 1b) show that meteorological analyses are more dehydrated than the space-borne observations of the Aura Microwave Limb Sounder (MLS) instrument in the UTLS by 1 to 2 ppmv. The primary motivation of this study is to understand the

³ Birla Institute of Technology Mesra, Extension Centre Jaipur, Rajasthan, India

⁴ GSMA, CNRS, Université Champagne Ardennes, Reims, France

dynamical and chemical processes affecting the H₂O budget in the tropical UTLS for the essential role in climate change through a Chemical Transport Model (CTM). The main desire is to critically diagnose and improve the CTM model by the assimilation technique. The CTM we have used is MOCAGE of Météo-France coupled with the VALENTINA tool developed at CERFACS based on the 3D-FGAT (3D First Guess at Appropriate Time) assimilation scheme. In the assimilation process, the MLS H₂O is used from 316 to 5 hPa and analyzed only the UTLS region of 146 – 46 hPa .

a)



b)

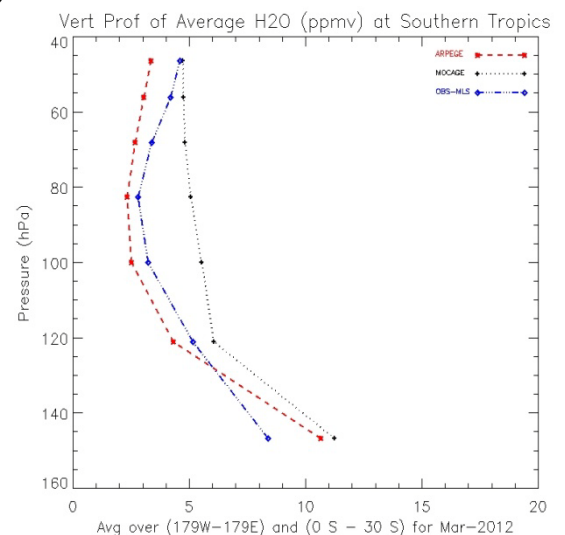
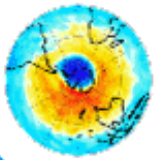


Figure 1: Zonally averaged vertical profile of water vapour distribution in southern tropics (0 to 30 ° S) from ARPEGE (red), MOCAGE (black) and MLS observation (blue) in March, 2012: a) From surface to 5 hPa and b) from 146 to 46 hPa.

The model has been run from 1st November 2011 to 31st March 2012 with a 35% background error for the assimilation. The first month has been taken as spin-up time. The present analysis has been done from



December 2011 to March 2012. The relative differences between of observation and assimilation (Observation / Assimilation -1) have been studied. Figure 2 shows the relative differences of observation minus assimilation at 121 hPa along the orbit track of the satellite in time and space coincidences.

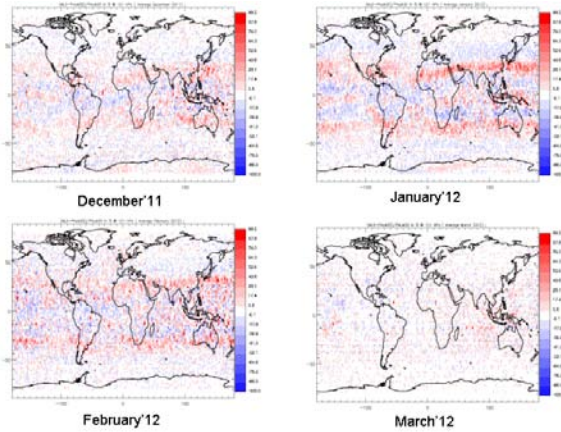


Figure 2 : Relative difference between the H₂O fields from observation and the assimilation at 121 hPa in December 2011 (top left), January 2012 (top right), February 2012 (bottom left) and March 2012 (bottom right).

The relative difference is more prominent (about $\pm 40\%$) in the tropics where the main physical processes affecting H₂O (convection, dehydration, etc.) take place. Water is constantly cycling through the atmosphere. It evaporates, overshoots from the Earth's surface and rises on warm updrafts into the atmosphere. Then it forms clouds, rain and snow. This cycle is one important way that heat and energy are transferred from the surface of the Earth to the atmosphere, and transported from one place to another. Figure 2 shows that observation (MLS) H₂O value as well as the relative difference is greater (+40%) near the tropics and less (-40%) near the equator than at mid and high latitudes ($\pm 10\%$). Also figure 2 shows that relative difference is greater in the eastern tropics (+40%) than in the western tropics (-20%). But at mid and high latitudes, observation value as well as relative difference is about -10% which depicts that observational and model H₂O is close to each other with model outputs being greater than observations. The best assimilation of water vapour occurred in March 2012. As we go up, the assimilation also works better which is shown in Figure 3. Figure 3 shows the relative differences of observation and assimilation of water vapour at 68 hPa. H₂O in the high northern latitudes is always assimilated better than H₂O in the southern high latitudes. H₂O in January is assimilated well but the H₂O in March is better at this pressure level as well. The relative difference of water vapour in February 2012 is varying $\pm 20\%$ within a band of $\pm 50^\circ$ in latitudes while in March 2012 the relative difference

of water vapour is ranging $\pm 10\%$ and it is confined within the tropics.

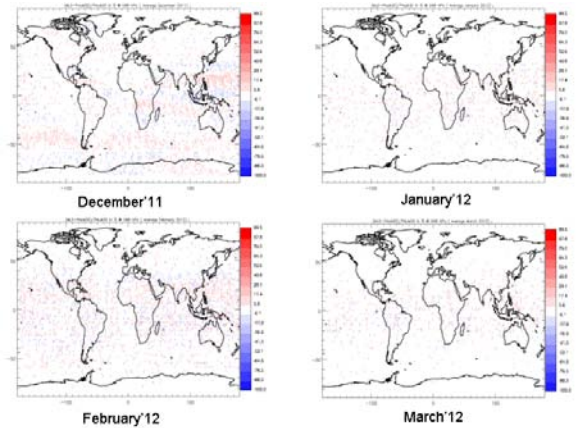


Figure 3: Relative difference between the H₂O fields from the observation and the assimilation at 68 hPa in December 2011 (top left), January 2012 (top right), February 2012 (bottom left) and March 2012 (bottom right).

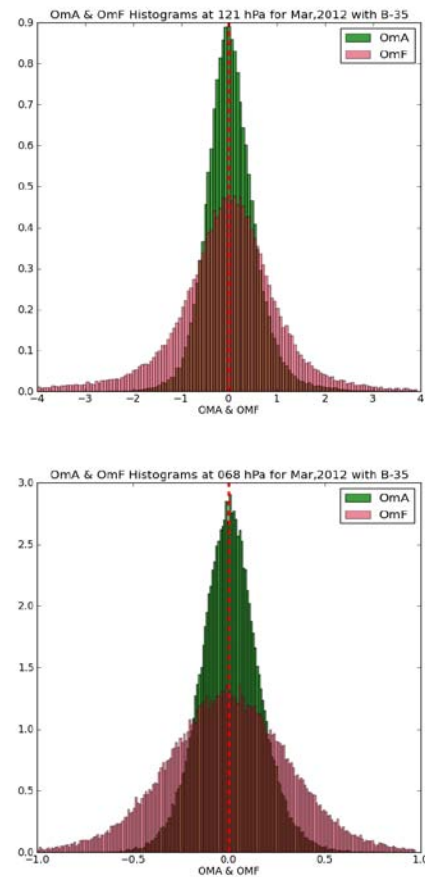
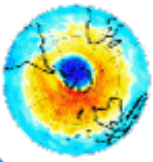


Figure 4: The histogram between observation minus assimilation (OmA in green) and observation minus forecast (OmF in pink) of water vapour at 121 hPa (top) and 68 hPa (bottom) in March 2012.

The histogram between observation minus assimilation (OmA) and observation minus forecast



(OmF) of water vapour has been also plotted (Figure 4) for the levels at 121 hPa and 68 hPa. At 121 hPa, the mean of OmA is 0.046 ppmv and the standard deviation is 0.57 ppmv while the mean OmF is -0.076 ppmv with a standard deviation of 1.24 ppmv. At 68 hPa, the mean of OmA is 0.0042 ppmv and the standard deviation is 0.16 ppmv while the mean OmF is -0.088 ppmv with a standard deviation of 0.33 ppmv.

For both levels, OmF is negative which depicts that the forecasted H₂O value is higher than observational value but for OmA the observational H₂O value is higher than the forecast value. The mean of OmA is closer to zero than OmF and also the standard deviation is less in OmA than in OmF. This clearly shows that the assimilation process worked well in the UTLS.

Figure 5 shows the vertical profiles of zonally average H₂O over southern tropics (0 – 30 °S). Despite the fact that there is a strong positive bias of MOCAGE compared to MLS in the UTLS (~1–3 ppmv), the assimilated H₂O profiles is very close to the observations with a slightly positive bias of 0.5 ppmv between 121 and 46 hPa. The maximum difference of averaged water vapour between observation and MOCAGE value over the southern tropics is 2.89 ppmv at 146 hPa, which is slightly improved to 2.79 ppmv between observation and assimilation. At 121 hPa, the difference between observation and MOCAGE is 1.15 ppmv and the difference between observation and the assimilation is reduced to 0.36 ppmv. The best assimilation of water vapour occurred at 68 hPa. The H₂O value from MOCAGE is 4.86 ppmv while the observation value is 3.576 ppmv and the value after assimilation is 3.583 ppmv which only differs by 0.2 % from observation.

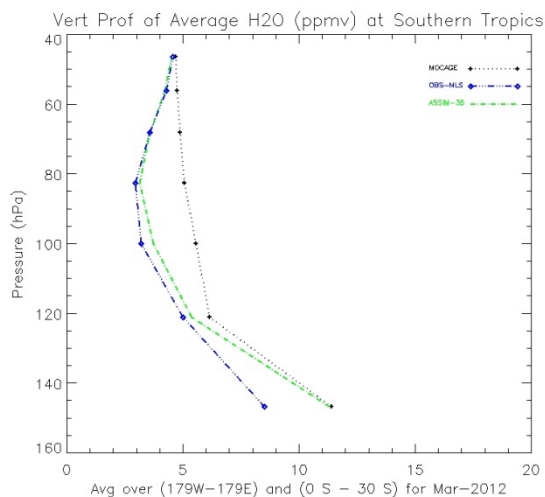


Figure 5: Zonally averaged vertical profiles of water vapour distribution in the southern tropics (0–30 °S) in March 2012 from MOCAGE (black), MLS observation (blue) and assimilation (green).

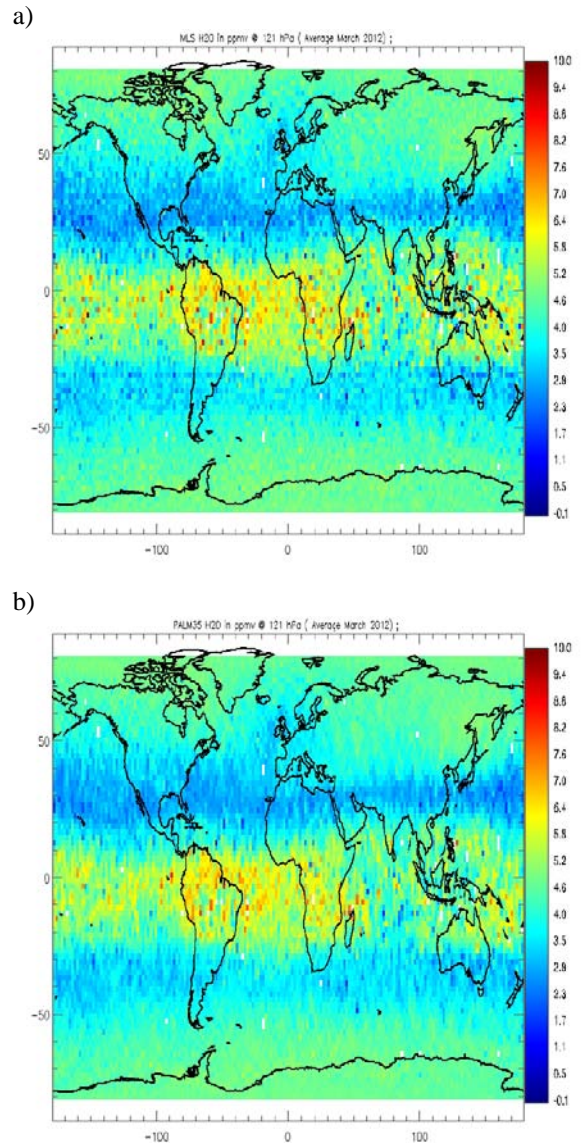
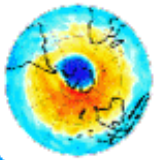


Figure 6 : The global distributions of water vapour at 121 hPa in March 2012 from a) MLS observation and b) assimilation along the satellite orbit track.

The water vapour distribution over the globe at 121 hPa after assimilation (Figure 6b) agrees well with the observational value (6a). The tropical distribution of the observational water vapour at 121 hPa shows high amount of H₂O over South America, Southern Africa, Atlantic Ocean and Western Pacific during March 2012 which is the signature of deep convection. Indian Ocean and Maritime continent has also convective activity but H₂O is measured comparatively less than H₂O over the above mentioned three regions. It is well known that Maritime Continent have strong deep convection but MLS satellite data is not able to capture this feature at 121 hPa. There are few possible reasons. It may be due to the tropopause level that is lower over the Maritime Continent than over the other region of the globe. The other possibility is the presence of clouds in the line of sight which is very frequent in this area, so the space-borne instrument can not capture



sufficient data. The assimilation (Figure 6b) captures well high amount of water vapour over South America, Southern Africa. Atlantic ocean and Western Pacific. The high values of water vapour over Atlantic Ocean and Western Pacific are certainly not due to deep convection (vertical transport) but rather to advection (horizontal transport).

This study shows that the global chemical transport model of Meteo-France MOCAGE coupled with the assimilation tool VALENTINA developed at CERFACS has the capability to assimilate fields of MLS H₂O observations. Assimilated fields of H₂O in the upper troposphere and lower stratosphere (UTLS) region are much closer to the observation than the modelled free run. In the near future, the validation phase will start and the output of assimilation will be compared with an independent dataset.

Référence :

S. Payra, P. Ricaud, R. Abida, J-L Attié, L. El Amraoui, F. Carminati, E. Rivière, J-P Pommereau, S. Khaykin. Assimilation of water vapour measurements by a Chemistry Transport Model in the tropical UTLS. The World Weather Open Science Conference, Montreal, Canada, 16 – 21st August, 2014.

Profils verticaux du CO troposphérique déduits à partir de la colonne totale en utilisant l'assimilation de données

L. El Amraoui ², J.-L. Attié ^{1,2}, P. Ricaud ², W. A. Lahoz ⁵, A. Piacentini ⁶, V.-H. Peuch ⁷, J. X. Warner ⁸, R. Abida ², J. Barré ⁹, R. Zbinden ²

Dans cette contribution, nous présentons la validation d'une méthode qui a pour objectif de déduire le profil vertical du monoxyde de carbone (CO) à partir de sa colonne totale en utilisant l'assimilation de données. Nous avons choisi les colonnes totales du CO issues de l'instrument MOPITT (version 3) afin de valider la méthode proposée. Les produits de CO issus de MOPITT ont l'avantage de fournir à la fois les profils verticaux et les colonnes totales. En outre, cette version a été largement validée par comparaison avec de nombreuses données indépendantes, et a été utilisée dans de nombreuses études scientifiques.

⁵ Nilu, Norway

⁶ CERFACS/SUC CNRS-URA 1875, Toulouse, France

⁷ ECMWF, Reading, UK

⁸ University of Maryland, Baltimore County, USA

⁹ NCAR, Boulder, USA

La première étape de cette étude consiste à spécifier les erreurs d'observation des colonnes totales en utilisant le test du χ^2 . Les observations ont été divisées en 3 types : sur la terre pendant la journée, sur la terre pendant la nuit, et sur la mer à la fois pendant le jour et la nuit. Leurs erreurs respectives des colonnes totales en utilisant le test du χ^2 sont : 8%, 11 % et 7 %.

Dans une deuxième étape, les colonnes totales de CO, avec leurs erreurs indiquées, sont utilisées dans le système d'assimilation MOCAGE-VALENTINA pour estimer les profils verticaux. Ceux-ci sont comparés à l'échelle globale et à l'échelle régionale aux profils officiels de MOPITT V3. Généralement, les deux jeux de données montrent des structures similaires et un très bon accord aux deux échelles. Néanmoins, les analyses issues de la colonne totale surestiment légèrement les concentrations de CO par rapport aux observations de MOPITT. Le biais moyen entre les deux ensembles de données est de l'ordre de 15 % et 12 % à 700 hPa et 250 hPa, respectivement.

Finalement, les analyses issues de l'assimilation de la colonne totale ont été comparées aux analyses des profils verticaux de MOPITT en tenant compte de leurs caractéristiques d'inversion (matrice de covariance de l'erreur d'observation et l'averaging kernel). Les analyses montrent généralement un très bon accord. En termes de champ horizontal, le biais moyen entre les deux jeux de données est de l'ordre de +6 % et +8 % aux niveaux de pression 700 et 200 hPa, respectivement. En termes de moyennes zonales, la répartition du CO est similaire pour les deux analyses avec un biais moyen qui ne dépasse pas 12 %.

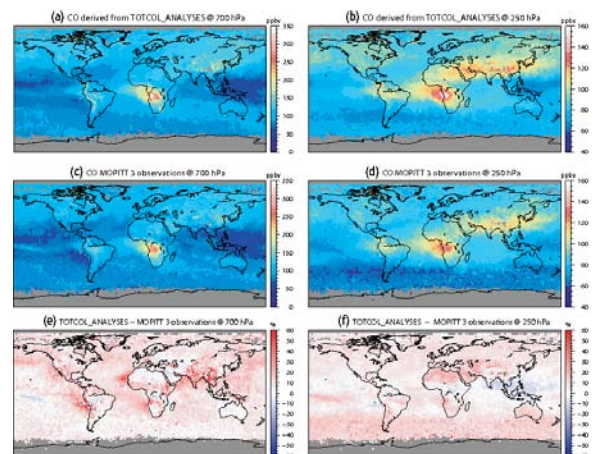
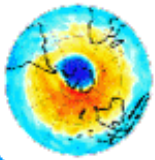


Figure 7: Comparaison des analyses obtenues par assimilation de la colonne totale de CO issue de MOPITT V3 et pour lesquelles la spécification des erreurs est basée sur le test du χ^2 aux observations officielles de MOPITT V3 aux niveaux de pression 700 hPa (panels b et d) et 250 hPa (panels a et c). Les différences relatives correspondantes entre les deux jeux de données sont indiquées en bas (panels e et f). Cette figure correspond à une moyenne sur



tout le mois d'Août 2008 pour tous les types d'observations (terre, mer, jour et nuit).

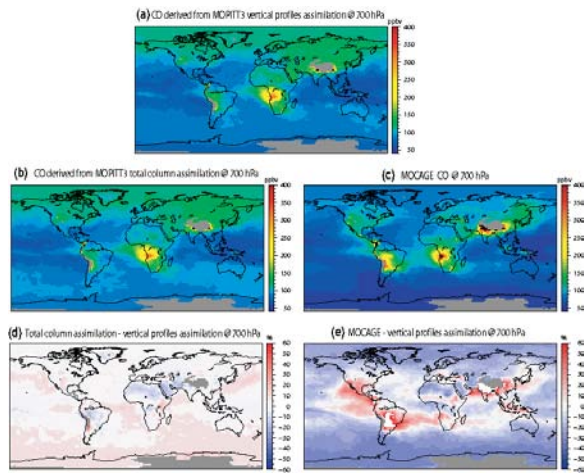


Figure 8 : Concentration du CO en termes de lon-lat sur le niveau isobarique 700 hPa pour : (a) Analyses de MOPITT issues des profils verticaux tenant compte de la matrice de covariance de l'erreur d'observation et de l'averaging kernel. (b) : Analyses de MOPITT issues des colonnes totales et pour lesquelles la spécification des erreurs est basée sur le test du χ^2 . (c) : Modèle MOCAGE. Les figures d'en bas représentent la différence relative en % entre l'assimilation des profils et l'assimilation des colonnes totales (d), et entre l'assimilation des profils et le modèle seul (e).

Les résultats issus de cette étude font actuellement l'objet d'un papier soumis à AMTD en cours de publication (El Amraoui et al., 2013).

Référence :

El Amraoui, L., Attié, J.-L., Ricaud, P., Lahoz, W. A., Piacentini, A., Peuch, V.-H., Warner, J. X., Abida, R., and Barré, J.: Tropospheric CO vertical profiles deduced from total columns using data assimilation: methodology and validation, Atmos. Meas. Tech. Discuss., 6, 6517-6566, doi:10.5194/amtd-6-6517-2013, 2013.

Lien ADOMOCA sur ETHER :

<http://ether.ipsl.jussieu.fr>

Contact

elodie.jaumouille@cerfacs.fr

Prochaine lettre : Octobre 2014