

ACHILLE Newsletter

Lettre trimestrielle à l'attention
de la communauté ADOMOCA

Numéro 1, Mars 2009

Editos

Le programme ADOMOCA (Assimilation de Données pour les Modèles de Chimie Atmosphérique) est soutenu principalement par le CNES, l'INSU, Météo-France via différentes sources : LEFE CHAT et ASSIM, TOSCA et ETHER. Il s'appuie sur les compétences reconnues en assimilation des laboratoires parisiens (LATMOS, LISA, LSCE) et toulousains (LA, CNRM, CERFACS) ainsi que de la société Noveltis. Le programme ADOMOCA inclut le développement d'outils d'assimilation, et leur utilisation focalisée sur quatre thématiques scientifiques. Deux chaînes d'assimilation basées sur le coupleur PALM adapté aux modèles MOCAGE et LMDz-REPROBUS permettent notamment d'assimiler différents jeux de mesures spatiales pour analyser : 1) le transport de polluants, 2) la qualité de l'air, 3) les processus physico-chimiques dans la haute troposphère-basse stratosphère et 4) l'ozone stratosphérique. A l'heure actuelle, 33 publications ont vu le jour au sein de ce programme. Il nous a ainsi paru nécessaire d'informer régulièrement l'ensemble des acteurs d'ADOMOCA, et plus généralement la communauté intéressée par la chimie de l'atmosphère, de l'état d'avancement des outils au sein des différents laboratoires ainsi que des publications qui en découlaient. Sébastien Massart (CERFACS) a bien voulu prendre en charge la première newsletter ACHILLE, et nous l'en remercions vivement. Longue vie à ACHILLE !

P. Ricaud et D. Cariolle

Coordinateurs ADOMOCA

Après quelques tentatives infructueuses d'élaboration d'un outil de communication autour du projet ADOMOCA, voici enfin la naissance de la lettre ACHILLE (Assimilation des espèces CHImiques atmosphériques aux échelleS globales et régionales). Avec une parution trimestrielle, cette lettre a pour vocation la diffusion de l'information technique et scientifique autour des développements des modèles et du système

d'assimilation utilisé dans le cadre du programme ADOMOCA.

Merci à tous les contributeurs de cette première lettre sans qui elle n'aurait pu voir le jour. On regrettera cependant l'absence de contribution de certains, qui auront sans aucun doute à cœur de bien figurer dans les prochains numéros

S. Massart

L'algorithmique de l'assimilation

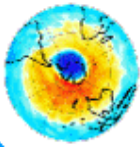
Naissance de Valentina

Depuis le lancement officiel de la version 4 de la chaîne d'assimilation du projet ADOMOCA, lors de l'atelier ADOMOCA de novembre 2008, cet outil a continué de progresser. Pour dépasser l'habitude que l'on avait prise de l'appeler « maquette » ou « MOCAGE-Palm », nous avons décidé qu'avec la 5^{ème} release il aurait bien pu avoir un nom. Le choix est tombé sur Valentina. Il serait certes possible d'en faire un acronyme plus ou moins convaincant. Disons plutôt que c'est son nom, avec un clin d'œil au 14 février et aux assonances italiennes.

A. Piacentini

Opérateur de covariance d'erreur d'ébauche

Jusqu'à sa version 4, la chaîne d'assimilation a utilisé des représentations de la matrice des covariances d'erreur **B** adaptées seulement à un domaine global et à des corrélations d'erreur d'ébauche homogènes et isotropes. La version 4, en particulier, utilise une solution de l'équation de diffusion généralisée qui modélise **B** par passage en harmoniques sphériques. Pour une meilleure représentation des structures spatiales de l'erreur d'ébauche, il faut toutefois être à même de prendre en compte des structures non isotropes et des variations locales des longueurs de corrélation. De plus, pour se préparer à l'assimilation en aire limitée il faut s'affranchir des approches qui imposent l'utilisation d'un domaine global sphérique. Tout ceci amène à une formulation de l'équation de diffusion discrète en différences finies. Ceci permet, par l'introduction d'un tenseur d'anisotropie, de représenter toutes les structures spatiales que la corrélation peut assumer, et par l'introduction de différents types de conditions aux bords de représenter aussi bien des domaines globaux



ou des domaines aire limitée. Pour éviter des problèmes d'instabilité numérique liés à la diminution de la taille des mailles près des pôles, nous avons choisi un schéma temporel implicite. Ceci implique la résolution d'un système linéaire creux à chaque pas de temps de l'équation de diffusion. Si l'on considère que l'on résout une équation pour la racine de **B** et une pour son transposé pour chaque niveau du modèle et à chaque itération du minimiseur, on comprend que sur 8 fenêtres de 3 heures avec 100 itérations du minimiseur on est proche d'un million de résolutions de ce système par jour simulé. Il est donc fondamental de disposer d'une technique efficace pour la résolution de ce système. Si, sur machine scalaire, le solveur direct creux MUMPS donne des résultats satisfaisants, la recherche d'un bon solveur pour une machine vectorielle est encore en cours avec l'aide du support NEC et de l'équipe *Parallel Algorithms* du CERFACS.

La corrélation verticale est elle aussi modélisée par une équation de diffusion 1D. Pour des applications stratosphériques, la prise en compte de la condition au bord correspondant à la surface n'a pas un impact très important sur la solution finale. La situation est toutefois différente pour des applications troposphériques à haute résolution où la bonne prise en compte du relief n'est plus négligeable. Les techniques basées sur la combinaison de conditions de Dirichlet et de Neumann, qu'Isabelle Mirouze (CERFACS) a mis au point dans le contexte de l'océanographie, ont été implémentées avec succès dans la modélisation de la corrélation verticale. Encore une fois, ces techniques imposent des calculs sur des vecteurs courts qui ne donnent pas des performances satisfaisantes sur des machines vectorielles. Le support NEC est en train de s'occuper de l'optimisation de cette partie. Entre temps, nous avons introduit une constante PrePALM qui permet de considérer le champ 2D de pression de surface constant en temps sur une journée et égal au champ du premier pas de

temps de la simulation. Cette approximation permet d'effectuer les inversions matricielles une seule fois par jour simulé au lieu d'une fois par fenêtre avec une réduction du surcoût d'un facteur 8 (en considérant des fenêtres d'assimilation de 3 heures).

A. Piacentini

Développements spécifiques pour l'aire limitée

Tous les développements spécifiques pour l'aire limitée sont pour le moment liés à la redéfinition complète des dimensionnements de l'espace du modèle, de l'espace de contrôle et du domaine observé. Ce lourd travail informatique préparatoire nous permet actuellement de préciser séparément les limites min et max en longitude et latitude pour le domaine du modèle, pour le domaine du contrôle et pour le domaine observé, aussi bien que le nombre de points de grille dans les directions x et y pour le modèle et pour le contrôle. La périodicité en longitude est prise en compte pour les domaines globaux ou pour les domaines aire limitée de type bande. Pour les domaines globaux la fermeture de la grille aux pôles est également prise en compte. Des tests préliminaires avec un contrôle en aire limitée pour un modèle global ont donné des résultats satisfaisants.

La prochaine étape consistera à interfacier directement l'un des sous-domaines aire limitée de MOCAGE avec l'assimilation. Avec cette étape nous aurons implémenté le schéma nommé « schéma feedback » lors de notre réunion du 19 octobre 2008, où l'assimilation n'a un effet direct que sur le domaine aire limitée où l'on assimile et impacte indirectement les autres domaines au travers du couplage remontant (HITLORES) et, ultérieurement, par transport. Le schéma algorithmique correspondant est représenté Figure 1

A. Piacentini

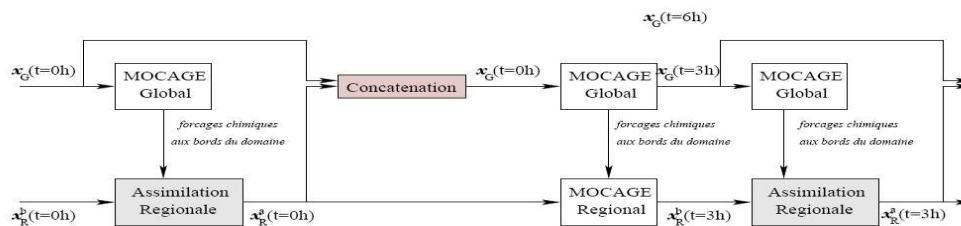
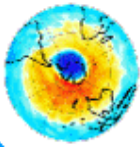


Figure 1 : schéma algorithmique de type feedback pour l'assimilation en aire limitée



Optimalité des statistiques d'erreur d'ébauche et d'observation

Jusqu'à présent, dans Valentina, seul le test du χ^2 (ou critère de Talagrand qui compare la valeur de la fonction coût au minimum avec la moitié du nombre d'observations) donnait une indication sur la validité des statistiques d'erreur d'ébauche et d'observation. Ce test permettait de savoir si les erreurs étaient globalement sur- ou sous-estimée, mais ne pouvait toutefois donner des indications plus précises sur la répartition des corrections à apporter soit à l'erreur d'ébauche soit à l'erreur d'observation.

Le système Valentina présente maintenant une nouvelle option qui permet de calculer deux coefficients correcteurs multiplicatifs, un pour l'ébauche et l'autre pour les observations, qui permettent de se rapprocher de l'optimalité des statistiques d'erreur. La théorie qui permet de définir une méthodologie pour calculer ces coefficients ainsi que l'utilisation que l'on peut en faire sont décrites dans la Working Note CERFACS WN/AE/09/25.

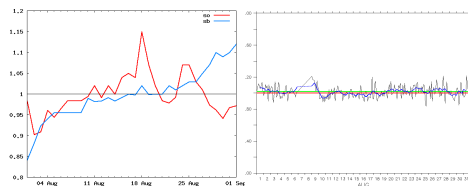


Figure 2: à gauche : évolution des coefficients correcteurs sur les erreurs d'observation (rouge) et sur les erreurs d'ébauche (bleu) ; à droite : évolution de la fonction coût au minimum divisée par la moitié du nombre d'observations. Les graphes ont été réalisés pour le mois d'août 2007, lors de l'assimilation des données d'ozone de AURA/MLS, avec l'optimisation automatique des statistiques d'erreur d'ébauche et d'observation.

La Figure 2 montre comment ces coefficients s'ajustent automatiquement d'une journée d'assimilation à la suivante et l'effet sur le test du χ^2 .

S. Massart

Autres développements de Valentina

Du point de vue informatique nous avons corrigé dans Valentina une importante fuite mémoire sur NEC et porté la chaîne sur le cluster Opteron 64bits du CERFACS.

Ensuite nous avons entièrement revu le parallélisme des unités de **B** ce qui nous donne la garantie d'une meilleure répartition de la charge de travail même dans le cas d'utilisation d'un solveur itératif pour le schéma temporel implicite de l'équation de diffusion non homogène.

Enfin nous avons amélioré la convivialité du menu des constantes de PrePALM (version 2.2.6) par l'ajout de commentaires dans la liste des constantes de façon à séparer des sections thématiques.

A. Piacentini

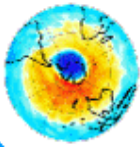
Autour des modèles

Nouvelle version utilisée en mode « climat » et forçage ECMWF pour MOCAGE

A partir de la version intitulée FUSION_CLIMAT_CCMVAL sous le serveur CVS du code MOCAGE, une adaptation – légère – a été réalisée pour le forçage ECMWF à 60 niveaux. Avec cette nouvelle version, les résultats obtenus par la version complète de MOCAGE sont strictement identiques après 24 h de simulation par rapport à la version de départ (version CCM_CTM_JPL_2006 de la branche « climat » sur le serveur CVS).

Afin d'évaluer le comportement de cette nouvelle version sur des périodes de temps plus longues, une simulation de 6 ans entre 2000 et 2005 a été réalisée avec le schéma chimique RELACS en troncature T21 et de 2 ans (années 2000 et 2001) en troncature T42. L'évolution sur 6 ans de la moyenne zonale de la colonne d'ozone (Cf Figure 3) a montré une bonne stabilité de la simulation, conformément aux résultats déjà obtenus sur les versions précédentes en utilisant le même forçage et publiés dans [Teyssède et al., ACP, 2007]. Cette nouvelle version présente néanmoins deux différences significatives par rapport aux précédentes :

- ✗ Aux latitudes polaires de l'hémisphère Nord, les colonnes sont réduites par rapport à la version précédente qui représentait des valeurs irréalistes, supérieures à 500 DU. On note également une remontée des colonnes totales d'ozone dans la bande tropicale, désormais plus proches des observations, mais encore un peu faibles.
- ✗ Une dérive avait été enregistrée sur les chlores totaux Cly dans l'atmosphère du modèle. Ils passaient ainsi de 3.7 ppbv en 2000 à plus de 4.17 ppbv en 2005 alors que les valeurs devaient rester de l'ordre de 3.6 ppbv sur cette période. Dans cette nouvelle version, cette dérive a été supprimée en réduisant un biais lié à l'initialisation du modèle et par une stabilité accrue des calculs du nouveau code.



La science

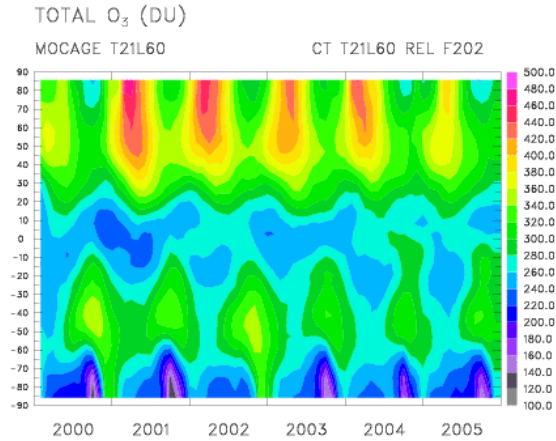


Figure 3 : évolution sur 6 ans de la moyenne zonale de la colonne d'ozone avec la nouvelle version en mode climat et forçage ECMWF de MOCAGE.

Cette nouvelle version de MOCAGE sera prochainement disponible sous CVS.

H. Teyssèdre

La chaîne LMDz-REPROBUS-PALM

La chaîne LMDz-REPROBUS-PALM 3D-FGAT a été développée au LATMOS, en mode climatique pour l'instant (Figure 4). L'adaptation en mode CTM (nudging de champs météorologiques et passage en calendrier grégorien) est en cours. La validation de la chaîne passera par l'assimilation de données MIPAS, champs qui seront comparés à leurs homologues obtenus avec la chaîne MOCAGE-PALM. Le premier cas d'étude portera sur des données GOMOS (fin mai-début juin 2009).

D. Cugnet

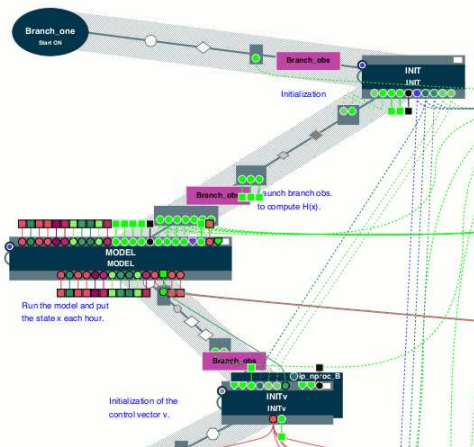


Figure 4 : Détail de la chaîne d'assimilation PALMée, avec en particulier le module MODELE, comportant les communications spécifiques nécessaires au redémarrage de LMDZ.

Impact du transport régional et intercontinental sur la distribution du CO dans la haute troposphère africaine pendant la mousson.

La haute troposphère d'Afrique du nord et de la Méditerranée de l'est est un carrefour dont la composition est influencée par des processus de transport de l'échelle régionale à l'échelle intercontinentale. L'objectif de l'étude publiée dans [Barret et al., 2008] est de mieux discriminer l'impact du transport de pollution depuis le sud-est asiatique de celui des polluants émis par les feux du sud de l'Afrique pendant la mousson. Pour cela, nous avons assimilé les observations spatiales (Aura/MLS) d'un traceur de pollution, le monoxyde de carbone (CO), à l'aide du système MOCAGE-PALM. L'assimilation fournit des distributions de CO à 4D dans la haute troposphère-basse stratosphère (HTBS) qui sont corrigées par rapport aux simulations du modèle MOCAGE.

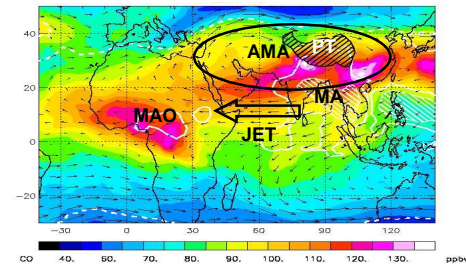
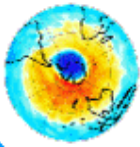


Figure 5 : Distribution de CO issue du système MOCAGE-MLS à 215 hPa (Juillet 2006). Les contours blancs représentent les zones convectives (MAO: Mousson d'Afrique de l'Ouest, MA: Mousson Asiatique).

La pollution asiatique est transportée par la convection au nord de la mousson asiatique (MA) et au sud du plateau tibétain (PT) pour être piégée par l'Anticyclone de la Mousson Asiatique (AMA) dans la HTBS (Figure 5). Le CO originaire des feux de biomasse du sud de l'Afrique monte jusqu'à la haute troposphère dans la zone de mousson d'Afrique de l'ouest (MAO). Notre étude a mis en évidence que l'impact des feux de biomasse était le plus important en dessous de 180 hPa et au sud de la MAO en raison de l'intense circulation de Hadley hivernale. Par contre de 150 à 100 hPa, la contribution la plus importante provient du transport de pollution depuis l'Asie, où la convection est plus intense, par l'AMA et le jet d'est tropical (JET) ce qui conduit à un maximum de CO autour de 20°N. Les observations MOZAIC sur des vols Namibie-



Allemagne ont permis de valider les distributions de CO.

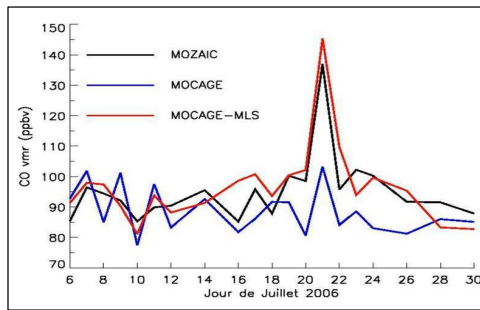


Figure 6 : Evolution temporelle du CO dans la haute troposphère africaine à ~15°E entre 15°N et 25°N.

L'évolution du CO au-dessus de l'Afrique du nord (Figure 6) montre des concentrations de CO anormalement élevées le 21 juillet en raison d'une propagation exceptionnelle du JET jusqu'à l'Atlantique. La difficulté du modèle pour reproduire cet événement est probablement due à une sous-estimation des émissions asiatiques et/ou à la mauvaise représentation de la convection au sud du PT et montre l'intérêt de l'assimilation pour corriger le modèle.

B. Barret

Impact sur l'analyse d'ozone de Valentina du choix de modélisation des covariances d'erreur d'ébauche

Au cours des derniers mois, un effort important a été mené sur la modélisation des covariances d'erreur d'ébauche du système d'assimilation Valentina. La principale évolution de la modélisation des covariances d'erreur d'ébauche vient de la possibilité de prendre en compte des corrélations horizontales non homogènes en espace. Nous avons étudié l'effet des corrélations non homogènes sur l'analyse. Nous avons aussi étudié l'effet des corrélations verticales non homogènes ainsi que la prise en compte des variances d'erreur d'ébauche non homogènes. Les longueurs de corrélation imposées ainsi que les variances provenaient de statistiques effectuées sur un ensemble de prévisions.

Nous avons assimilé les données d'ozone de AURA/MLS sur une période d'un mois avec trois configurations différentes des covariances d'erreur d'ébauche. Les résultats complets sont dans la Working Note CERFACS WN/AE/09/18. Pour synthétiser, nous avons montré que la prise en compte des longueurs de portée diagnostiquées ainsi que des variances diagnostiquées apporte une amélioration aux analyses. Les améliorations

sont généralement situées au dessous de 50 hPa et principalement dans la région équatoriale ou aux hautes latitudes. Ces résultats se confirment lorsque l'on compare les colonnes totales issues des analyses avec celles mesurées par l'instrument OMI. En particulier, les gains de l'expérience avec prise en compte des variances d'erreur d'ébauche diagnostiquées par rapport à l'expérience avec des variances calculées comme un pourcentage de l'ébauche, sont toujours positif avec des valeurs maximum de 5% à 10% sur les écarts-types et sur les corrélations des différences entre les observations OMI et les analyses.

S. Massart

Utilisation du 3D-FGAT de Valentina dans les zones à dynamique rapide

L'algorithme de la boucle externe -intégrations multiples du modèle et analyses multiples pour une même fenêtre d'assimilation- est en cours de validation dans le système Valentina. Dans une série d'expériences sur l'assimilation de l'ozone des données MLS d'août 2007, on observe que le biais et l'écart-type des analyses par rapport aux observations assimilées diminuent presque systématiquement d'une boucle externe à l'autre. Cependant on a constaté qu'ils augmentent dans la zone du vortex polaire (principalement autour de 10 hPa). Ceci révèle la faiblesse de l'hypothèse fondamentale du 3D-FGAT qui stipule que le modèle linéaire est l'identité sur la durée de la fenêtre d'assimilation. En effet, les vents zonaux peuvent dépasser les 400 km/h dans le vortex polaire au niveau de la stratopause, soit un déplacement horizontal de l'ordre de 20° à 80°S sur une fenêtre de 3h.

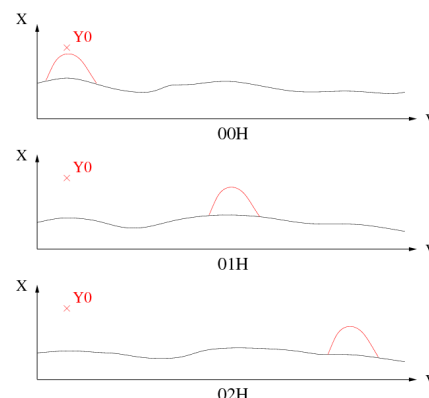
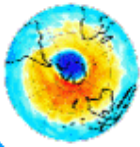


Figure 7 : Illustration du transport de l'incrément d'heure en heure. L'abscisse V est la direction du vent dominant, l'ordonnée X est la concentration de l'ozone le long de V et Y0 est la concentration d'une observation.

Ainsi, comme illustré sur la Figure 7, l'incrément que l'on insère en début de fenêtre



d'assimilation lors de l'analyse de la première boucle externe peut être rapidement transporté loin des observations. Lors de l'analyse de la seconde boucle externe, si l'observation est placée en fin de fenêtre, l'effet de l'analyse précédente s'est déplacé et le système va alors tendre à recréer le même incrément que celui de la première boucle et ainsi de suite. Les incréments s'additionnant, l'analyse finale sera très éloignée de l'observation. La Figure 8 confirme cette interprétation : la différence entre les colonnes totales de l'analyse et de la prévision montre clairement que les incréments se sont éloignés des observations assimilées représentées par les carrés. Il est donc recommandé de garder en mémoire cette faiblesse du 3D-FGAT lorsque l'on s'intéresse à une analyse dans une zone à dynamique rapide. Dans une telle zone, il est conseillé de réduire la taille de la fenêtre d'assimilation.

B. Pajot

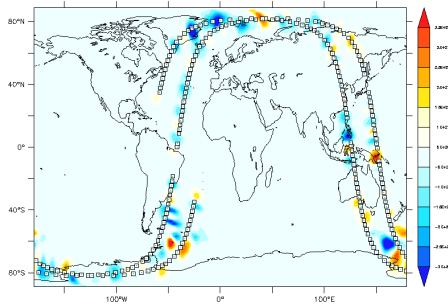


Figure 8 : Différence entre les colonnes totales du 27 août 2007 à 06h00 issues d'une prévision à 3h à partir de l'analyse et celles issues d'une prévision à 3h à partir de l'ébauche. Les carrés représentent les observations assimilées pour construire l'analyse. L'assimilation a été réalisée avec 3 boucles externes sur une fenêtre de 3h

Publications, Communications

Publications ADOMOCA 2006-2009 :

Pour cette première lettre, on rappelle les 33 publications associées au projet ADOMOCA sur la période 2006-2009 :

Barret, B., P. Ricaud, C. Mari, J.-L. Attié, N. Boussez, B. Josse, E. Le Flochmoën, N. J. Livesey, S. Massart, V.-H. Peuch, A. Piacentini, B. Sauvage, V. Thouret and J.-P. Cammas, Transport pathways of CO in the African upper troposphere during the monsoon season: a study based upon the assimilation of spaceborne observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 3231-3246, 2008.

Bencherif, H., L. El Amraoui, B. Morel, N. Semane, S. Massart, D.V. Acharyulu, A. Hauchecorne, V.H. Peuch, Examination of the 2002 major warming in the SH using ground-based and Odin/SMR assimilated data: stratospheric ozone distributions and tropic/mid-latitude exchange, *Can. J. Phys.*, 85, 1287-1300, doi:10.1139/P07-143, 2007.

Bousserez, N., J.-L. Attié, V.-H. Peuch, M. Michou, G. Pfister, D. Edwards, M. Avery, G. Sachse, E. Browell and E. Ferrare, Evaluation of MOCAGE chemistry and transport model during the ICARTT/ITOP experiment, *J. Geophys. Res.*, 112 (D120S42), doi:10.1029/2006JD007595, 2007.

Cariolle, D. and J.-J. Morcrette. A linearized approach to the radiative budget of the stratosphere: influence of the ozone distribution. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L05806, doi:10.29/2005GRL025597, 2006.

Cariolle, D. and H. Teyssède. A revised linear ozone photochemistry parameterization for use in transport and general circulation models: multi-annual simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, Vol. 7, pp 1655-1697, 2007

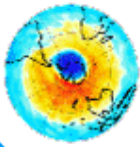
Cariolle, D. and S. Massart. Ozone distributions derived from satellite data assimilation and their impact on the stratospheric temperatures. CERFACS Technical Report /AE/07/45, 2007.

Cariolle, D., S. Massart and H. Teyssède. Polar and midlatitude ozone. *Proceedings of the ECMWF seminar on Polar Meteorology*, 4-8 September 2006, ECMWF, pp115-127, March 2007.

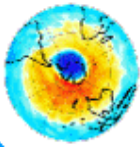
Clark, H.L., M.-L. Cathala, H. Teyssède, J.-P. Cammas and V.-H. Peuch, Cross-tropopause fluxes of ozone using assimilation of MOZAIC observations in a global CTM, *Tellus*, 59(B), 39-49, 2007.

El Amraoui, L., V.-H. Peuch, P. Ricaud, S. Massart, N. Semane, H. Teyssède, D. Cariolle and F. Karcher, Ozone loss in the 2002-2003 Arctic vortex deduced from the assimilation of ODIN/SMR O3 and N2O measurements : N2O as a dynamical tracer, *Q. J. Meteorol. Soc.*, 134, 217-228, doi :10.1002/qj.191, 2008.

El Amraoui, L., N. Semane, V.-H. Peuch and M. L. Santee, Investigation of dynamical and chemical processes in the polar stratospheric vortex during the unusually cold winter 2004/2005, *Geophys. Res.*



- Let., 35, L03803, doi:10.1029/2007GL031251, 2008.
- El Amraoui, L., J.-L. Attié, N. Semane, M. Claeysman, V.-H. Peuch, P. Ricaud, J. Warner and A. Piacentini, Tropopause fold diagnosed by assimilation of MOPITT CO measurements, *J. Geophys. Res.*, special section, Diagnosis and Modeling of the Tropopause: Structure, Dynamics, and Variability", revised (2007JD009704), 2008.
- Eremenko, M., G. Dufour, G. Foret, C. Keim, J. Orphal, M. Beekmann, G. Bergametti, and J.-M. Flaud, Tropospheric ozone distributions over Europe during the heat wave in July 2007 observed from infrared Nadir spectra recorded by IASI, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L18805, doi:10.1029/2008GL034803, 2008.
- Foret G., M. Beekmann, M. Eremenko, L. Hamaoui, C. Schmechtig, C. Keim, G. Dufour, A. Boynard, A. Ung, Evaluating the potential of IASI ozone observations to constraint simulated surface ozone concentrations, submitted to *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, IASI Special Issue, 2009.
- Geer A.J., W. A. Lahoz, S. Bekki, N. Bormann, Q. Errera, H. J. Eskes, D. Fonteyn, D. R. Jackson, M. N. Juckes, S. Massart, V.-H. Peuch, S. Rharmili, and A. Segers. The ASSET intercomparison of ozone analyses: method and first results. *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 5445-5474, 2006.
- Geer A.J., A.J., W.A. Lahoz, D.R. Jackson, D. Cariolle and J.P. McCormack. Evaluation of linear ozone photochemistry parameterizations in a stratosphere-troposphere data assimilation system. *Atmos. Chem. and Phys.*, 7, 939-959, 2007.
- Hollingsworth, A., R.J. Engelen, C. Textor, A. Benedetti, O. Boucher, F. Chevallier, A. Dethof, H. Elbern, H. Eskes, J.Flemming, C. Granier, J. J. Morcrette, P. Rayner, V.-H. Peuch, L. Rouil, M. Schultz and A. Simmons, The Global Earth-system Monitoring using Satellite and in-situ data (GEMS) Project: Towards a monitoring and forecasting system for atmospheric composition, *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 89(8), 1147-1164, doi:10.1175/2008BAMS2355.1, 2008.
- Jumelet, J., S. Bekki, C. David, and P. Keckhut, Statistical estimation of stratospheric particle size distribution by combining optical modelling and lidar scattering measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 5435-5448, 2008.
- Konovalov I. B., M. Beekmann, A. Richter, J. P. Burrows, Inverse modelling of the spatial distributions of NO_x emissions on a continentalscale using satellite data, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6,1747-1770, 2006.
- Konovalov, I. B., M. Beekmann, J. P. Burrows, A. Richter, Satellite measurement based estimates of decadal changes in European nitrogen oxides emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 2623-2641, 2008.
- Lahoz, W.A., A.J. Geer, S. Bekki, N. Bormann, S. Ceccherini, H. Elbern, Q. Errera, H.J. Eskes, D. Fonteyn, D.R. Jackson, B. Khattatov, S. Massart, V.-H. Peuch, S. Rharmili, M. Ridolfi, A. Segers, O. Talagrand, H.E. Thornton, A.F. Vik et T. Von Clarman, The Assimilation of Envisat data (ASSET) project, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 1773-1796, 2007.
- Marchand, M., S. Bekki, F. Lefevre, and A. Hauchecorne, Temperature retrieval from stratospheric O₃ and NO₃ GOMOS data, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L24809, 2007, doi:10.1029/2007GL030280, 2007.
- Massart, S., A. Piacentini, D. Cariolle, L. El Amraoui, N. Semane, Assessment of the quality of the ozone measurements from the Odin/SMR instrument using model assimilation. *Can. J. Phys.*, 85, 1209-1223, doi:10.1139/P07-124, 2007.
- Massart S., C. Clerbaux, D. Cariolle, A. Piacentini, S. Turquety, and J. Hadji-Lazaro, First steps towards the assimilation of IASI ozone data into the MOCAGE-PALM system, *Atmos. Chem. and Phys. Discuss.*, 9, 6691-6737, 2009.
- Pisso, I., E. Real, K.S. Law, B. Legras, N. Boussez, J.L. Attié & H. Schlager, Estimation of mixing in the troposphere from Lagrangian trace gas reconstructions during long-range pollution plume transport, submitted to *J. Geophys. Res.*, 2008.
- Pradier, S., J.-L. Attié, M. Chong, J. Escobar, V.-H. Peuch, J.-F. Lamarque, B. Khattatov and D. Edwards, Evaluation of 2001 springtime CO transport over West Africa using MOPITT CO measurements assimilated in a global chemistry transport model, *Tellus*, 58B, n°3, 163-176, 2006.
- Ricaud, P., B. Barret, J.-L. Attié, E. Le Flochmoën, E. Motte, H. Teyssède, V.-H. Peuch, N. Livesey, A. Lambert, and J.-P. Pommereau, Impact of land convection on troposphere-stratosphere exchange in the



tropics, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 5639-5657, 2007.

Ricaud, P., J.-L. Attié, H. Teyssèdre, L. El Amraoui, V.-H. Peuch, M. Matricardi, and P. Schluessel, Equatorial total column of nitrous oxide as measured by IASI on MetOp-A: Implications for transport processes, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, Special Issue: "The IASI instrument onboard the METOP satellite: first results", 9, 3243-3264, 2009.

Ricaud, P., J.-P. Pommereau, J.-L. Attié, E. Le Flochmoën, L. El Amraoui, H. Teyssèdre, V.-H. Peuch, W. Feng, and M. P. Chipperfield, Equatorial transport as diagnosed from nitrous oxide variability, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, Special Issue: "SCOUT-O3 Tropics", 9, 4899-4930, 2009.

Semane, N., V.-H. Peuch, L. El Amraoui, H. Bencherif, S. Massart, D. Cariolle, R. Abida and J.-L. Attié, An observed and analysed stratospheric ozone intrusion over the high Canadian Arctic UTLS region in July 2003, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 133(S2), 171-178, doi:10.1002/qj.141, 2007.

Semane, N. V.-H. Peuch, S. Pradier, G. Desroziers, L. El Amraoui, P. Brousseau, S. Massart, B. Chapnik and A. Peuch, 2008: On the extraction of wind information from the assimilation of ozone profiles in Météo-France 4D-var operational NWP suite, *Atmos. Chem. Phys. Disc.*, 8, 16473-16500, 2008.

Szopa, S., G. Foret, L. Menut and A. Cozic, Impact of large scale circulation on European summer surface ozone: consequences for modelling forecast, *Atmos. Env.*, 43, 1189-1195, 2009.

Teyssèdre, H., M. Michou, H. L. Clark, B. Josse, F. Karcher, D. Olivie, V.-H. Peuch, D. Saint-Martin, D. Cariolle, J.-L. Attié, P. Nédélec, P. Ricaud, V. Thouret, R. J. van der A, A. Volz-Thomas, and F. Chéroux, A new tropospheric and stratospheric Chemistry and Transport Model MOCAGE-Climat for multi-year studies: evaluation of the present-day climatology and sensitivity to surface processes, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 5815-5860, 2007.

Thornton, H.E., D. R. Jackson, S. Bekki, N. Bormann, Q. Errera, A. J. Geer, W. A. Lahoz, and S. Rharmili, The ASSET intercomparison of stratosphere and lower mesosphere humidity analyses, *Atmos.*

Chem. Phys. Discuss., 8, 13507-13553, 2008

Publications techniques

Massart, S., Impact sur l'analyse d'ozone de Valentina des covariances d'erreur d'ébauche, Working Note WN/AE/09/18, Cerfacs, 2009.

Massart, S., Estimation de coefficients correctifs multiplicatifs pour les matrices des covariances d'erreur d'ébauche et d'observation du système d'assimilation Valentina, Working Note WN/AE/09/25, CERFACS, Toulouse, France.

Communications orales/posters

Pajot, B., D. Cariolle, A. Piacentini, O. Pannekoucke and S. Massart; Towards the operational assimilation of trace species from the new generation instruments into the Mocale-Palm system, poster présenté à ERCA 2009, European Research Course on Atmospheres, 12 janvier-13 février 2009, Grenoble.

Lien ADOMOCA sur ETHER :

<http://munk.ipsl.jussieu.fr/etherTypo/index.php>
Menu Activités puis Assimilation

Prochaine lettre : juin 2009