

R. Thiéblemont¹, G. Berthet¹, N. Huret¹, A. Hauchecorne²
 remi.thieblemont@cnrs-orleans.fr

¹Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace – CNRS, Université d'Orléans
²Service d'Aéronomie - CNRS, Paris

Contexte Scientifique

Jusqu'à présent, la dynamique et la chimie relatives à la destruction d'ozone (hiver/printemps) ont fait l'objet de nombreuses études et ont été bien documentées. Cependant, certains thèmes doivent encore être approfondis afin de mieux comprendre les mécanismes responsables de l'état de la stratosphère, notamment en Été où s'installent les conditions de formation du vortex. Le transport des espèces chimiques et les processus de mélange restent parmi les problèmes les plus difficiles à appréhender à ce jour.

Problématique

Des outils de modélisation sont prévus durant la campagne STRAPOLETE afin de suivre en direct l'état dynamique de la stratosphère. L'enjeu est donc d'évaluer précisément la capacité du modèle MIMOSA à détecter les structures dynamiques via une grandeur purement physique : la vorticité potentielle.

Introduction

La dissolution du vortex polaire Arctique débute au printemps. Elle est due à une forte **activité des ondes** qui provoque un **réchauffement global** de la stratosphère. Lors de ce réchauffement, le gradient thermique entre l'équateur et les pôles est inversé engendrant un changement du régime de vent moyen ; on passe d'une circulation d'Ouest - typique du vortex polaire - à une circulation d'Est moins intense. Il y a alors un **affaiblissement de la barrière dynamique** polaire Arctique permettant l'**intrusion de masses d'air** issues des basses latitudes.

Néanmoins, suite à la dissolution du vortex, il a été mis en évidence que des résidus - **rémanences de vortex** - maintiennent des caractéristiques physiques et chimiques typiques de l'hiver polaire (Orsolini, 2001 ; Konopka et al., 2003). Le piégeage de masses d'air tropicales dans les rémanences est alors possible donnant lieu à des « **Frozen-in Anticyclones** » (FrIAC's). Ce phénomène a été mis en évidence et caractérisé à l'aide des satellites MIPAS et MLS (Lahoz et al., 2007 ; Manney et al., 2006).

L'objectif de l'étude menée est de visualiser, à l'aide du modèle d'advection de contour de **vorticité potentielle (PV)** MIMOSA (Hauchecorne et al., 2001), le transport de ces structures dynamiques et de comprendre leur évolution en fonction du temps.

Le modèle MIMOSA

(Modèle Isentropique de transport Mésoscale de l'Ozone Stratosphérique par Advection)

MIMOSA est un modèle haute résolution d'advection de contour de vorticité potentielle. Il est initialisé par une grille orthogonale centrée sur le pôle Nord d'une résolution de 3 pts de grille⁶ ou 6pts de grille⁶. Les champs de PV et de vents sont extraits toutes les 6h de l'ECMWF avec une résolution de 1.125° en latitude et longitude puis interpolés sur la grille fine.
 À partir de l'initialisation, le PV en chaque point de grille est advecté à partir des champs de vents de l'ECMWF. Il y a alors une déformation de la grille initiale progressive qui nécessite un regridding toutes les 6h en vue de garder la distance entre 2 points adjacents à peu près constante.

La vorticité potentielle

La vorticité potentielle est une grandeur physique propre à une masse d'air conservée dans des conditions adiabatiques ; c'est-à-dire en absence d'échange de chaleur avec l'extérieur. Elle représente le produit de la vorticité par la stabilité verticale. Dans l'atmosphère, cette quantité peut-être constante sur une dizaine de jours.

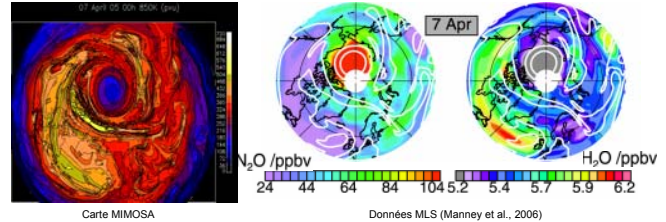
$$PV = (\zeta + f) \left[-g \frac{\partial \theta}{\partial p} \right]$$

- Avec
- ζ la vorticité relative
- f le paramètre de coriolis
- g l'accélération de pesanteur
- θ la température potentielle

Vorticité (rot(v)) Stabilité verticale

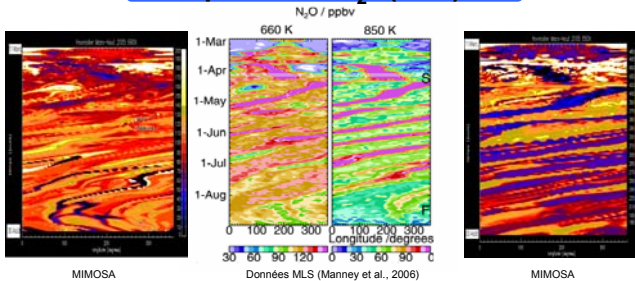
FrIAC

Frozen-in Anticyclone (FrIAC) : intrusion d'une masse d'air tropicale - caractérisée par, respectivement, une forte/faible concentration en N₂O/H₂O - dans la stratosphère polaire après dissolution du vortex lors du réchauffement final. Cette masse d'air est alors piégée dans les rémanences de vortex. La durée du phénomène est aléatoire mais peut s'étendre jusqu'à l'inversion du régime de vent en Août. Plusieurs traceurs chimiques permettent de suivre l'évolution d'un FrIAC : N₂O, H₂O et O₃.



« The formation and persistence through late May of the anticyclone are seen in PV fields [...] but the PV feature disappears in early June. Although, this may be partly related to the differing effect of diabatic processes on PV and chemical tracers, the inability of transport calculations to preserve FrIAC suggests that it may also be related to deficiencies in summer high-latitude horizontal winds » (Manney et al., 2005)

Comparaisons N₂O(MLS)/PV



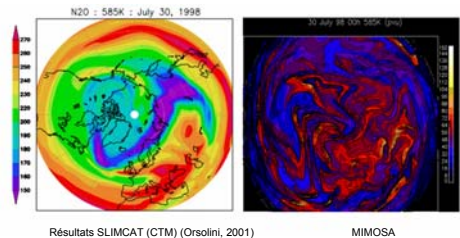
- A 850 K les résidus de FrIAC (faible PV) sont visibles jusqu'en Août
- A 660 K la corrélation N₂O/PV est moins bonne

Premiers résultats concluants, mais d'autres **tests de sensibilité** restent à effectuer afin d'optimiser la paramétrisation du modèle MIMOSA dont l'influence :

- de la diffusion (explicite).
- du temps de relaxation (temps durant lequel on considère que la masse d'air ne subit pas d'échange de chaleur).
- de la durée d'un run.

Comparaisons N₂O(SLIMCAT)/PV

Des travaux ont été réalisés sur les rémanences de Vortex polaire par Orsolini (2001). Ils ont permis de mettre en évidence, grâce au modèle SLIMCAT (CTM), la présence de résidus de vortex jusqu'en Août en se basant sur le traceur chimique N₂O.



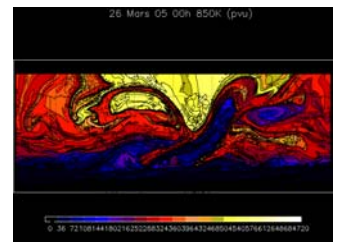
La comparaison entre ces deux cartes montre que les résultats ne sont pas en bon accord, même si la localisation globale des rémanences est retrouvée. Une des raisons pouvant expliquer une telle différence est la résolution des fichiers d'entrée ECMWF de chacun des modèles : 2.8°/2.8° pour SLIMCAT et 1.125°/1.125° pour MIMOSA. De plus, après interpolation la résolution de MIMOSA atteint 6 plus⁶ ce qui permet la visualisation de structures plus fines.

Conclusions/Perspectives

L'étude montre qu'en forçant certains paramètres tels que la diffusion (explicite), le temps de relaxation, etc, du modèle MIMOSA, les structures types rémanences et FrIAC's sont en bon accord avec le traceur chimique N₂O et notamment qu'il est possible de retrouver des traces de FrIAC jusqu'en Août. Néanmoins, on observe de fortes disparités entre les différentes altitudes. Il est donc nécessaire de poursuivre les tests de sensibilité afin d'optimiser la paramétrisation d'entrée du modèle.

D'autres travaux sont en cours :

- Comparaison avec d'autres traceurs chimiques (H₂O et O₃).
- Calcul de l'aire du FrIAC en fonction du temps afin de mieux comprendre son évolution, notamment les processus de mélange.
- Initialisation de MIMOSA à partir du N₂O (MLS) et suivre le transport de ce traceur en comparaison avec la PV.
- Pourquoi l'intrusion tropicale se fait-elle toujours dans la gamme [45;135 °Est] ?



Références

- G. L. Manney, and al., EOS Microwave Limb Sounder observations of "frozen-in" anticyclonic air in Arctic summer, *Geo. Res. Let.*, Vol. 33, 2006.
- Y. J. Orsolini, Long-lived tracer patterns in the summer polar stratosphere, *Geo. Res. Let.*, Vol. 28, No. 20, 3855-3858, 2001.
- A. Hauchecorne, and al., Quantification of the transport of chemical constituents from the polar vortex to midlatitudes in the lower stratosphere using the high-resolution advection model MIMOSA and effective diffusivity, *J. Geophys. Res.*, Vol. 107, No. D20, 2002.