

Diagnostiques isotopiques des processus humidifiants au cours de la MJO

Obbe Tuinenburg¹, Camille Risi¹, Jean-Lionel Lacour², Jean-Philippe Duvel¹

19 juillet 2014

¹Laboratoire de Météorologie Dynamique, IPSL, CNRS, Paris, France

²Laboratoire de spectroscopie de l'Atmosphère, Service de Chimie Quantique et Photophysique, Université Libre de Bruxelles, Belgique

1 Pourquoi la MJO est-elle si difficile à simuler pour les modèles de climat ?

La MJO (oscillation de Madden-Julian, [Madden and Julian, 1972]) est le principal mode de variabilité à l'échelle intra-saisonnière dans les tropiques. D'une période variant entre 30 et 60 jours, la MJO se manifeste par la propagation vers l'est et le long de l'équateur d'une large zone de convection profonde plus intense, de l'Ouest de l'océan Indien jusqu'au Pacifique central. Les modèles de circulation générale (GCMs) ont des difficultés persistantes à simuler ce phénomène ([Lin and Coauthors, 2006]). Même dans les modèles simulant bien un mode de variabilité de la convection se propageant vers l'est, la vitesse de propagation est rarement bien simulée et la structure verticale de la variation de l'humidité encore moins. La MJO implique des interactions complexes entre convection peu profonde, convection profonde, humidité, nuages, rayonnement et circulation de grande échelle. Ainsi, on suspecte que les difficultés des modèles à simuler la MJO reflète les faiblesses des modèles concernant les processus convectifs et nuageux. Par exemple, il a été suggéré que l'humidification progressive de la troposphère libre avant la MJO par le détrainement de nuages moyens de type cumulus congestus joue un rôle clé dans le pré-conditionnement de l'atmosphère à la convection, et que cet effet est mal représenté par les GCMs ([Woolnough et al., 2010]).

2 En quoi la composition isotopique de la vapeur d'eau peut-elle être utile ?

Dans le cadre du projet ANR CONV-ISO, nous essayons d'utiliser la composition isotopique de la vapeur d'eau (en particulier le rapport entre l'isotope lourd HDO et l'isotope majoritaire H_2O , mesuré par la variable δD) pour mieux comprendre les processus humidifiants et asséchants la troposphère au cours de différentes phases de la MJO. En effet, le δD de la vapeur d'eau est affectée à la fois par les changements de phase (les isotopes lourds se concentrent dans la phase la plus condensée) et les processus de transport et de mélange. En conséquence, chaque processus humidifiant ou asséchant a une signature isotopique qui lui est propre ([Risi et al., 2012]). Les données IASI offre l'opportunité inédite d'observer conjointement l'humidité spécifique (q) et le δD dans la moyenne troposphère avec une couverture globale deux fois par jour et une résolution horizontale de 12km ([Lacour et al., 2012]), ce qui permet une documentation unique de l'évolution du δD au cours d'évènements MJO.

3 LMDZ reproduit-il l'évolution de la composition isotopique de la vapeur d'eau au cours des événements MJO ?

Dans notre étude, nous utilisons le GCM LMDZ équipé des isotopes ([Risi et al., 2010]). Nous guidons les vents par des réanalyses pour pouvoir comparer un à un les événements MJO simulés par LMDZ et observés par IASI. Pour une circulation de grande échelle imposée, LMDZ est-il capable de reproduire la bonne séquence des processus humidifiants et asséchants au cours des différentes phases de la MJO ?

Au cours de la période 2010-2012 dans l'océan indien (à 80°E), 7 événements MJO ont été observés par IASI (figure 1a). Malgré la forte dispersion, à 500hPa la plupart montrent une évolution "horaire" dans le diagramme q - δD , avec un minimum de δD après le maximum de q . LMDZ est capable de simuler correctement cette évolution pour 3 de ces événements (figure 1b). Pour les 4 autres, on remarque qu'ils ont une forme plus "oblique", avec le minimum de δD coïncidant avec le maximum de q (figure 1b).

4 Que peut-on en déduire sur la représentation par LMDZ des processus nuageux au cours des événements MJO ?

Nous analysons les tendances physiques d'LMDZ pour essayer de comprendre la séquence des processus lors des événements MJO (figure 2).

Pour les 3 événements que LMDZ simule bien (figure 2a), dans la semaine avant le cœur de la MJO, q augmente par les advections de grande-échelle, tandis que le δD varie peu. Puis la convection profonde et la condensation de grande échelle se déclenche lorsque q atteint son maximum. Ceci fait diminuer le δD . Après le maximum de convection, les advections d'humidité de grande-échelle faiblissent et ne sont plus suffisantes pour compenser l'assèchement par la convection profonde et la condensation de grande échelle : q diminue alors, tandis que le δD reste à son minimum. Enfin, lorsque les conditions atmosphériques redeviennent claires, le δD ré-augmente par les advections de grande échelle.

Pour les 4 événements que LMDZ simule moins bien (figure 2b), le phasage relatif de la convection, de la condensation de grande échelle et des advections de grande-échelle est différent par rapport aux événements "horaires". En particulier, il semble que la convection profonde se déclenche plus tôt, ce qui fait diminuer le δD dès que q commence à augmenter. Un déclenchement de la convection profonde trop précoce a déjà été suggéré comme cause des difficultés des GCMs à simuler correctement la MJO ([Kim et al., 2012]). Ceci pourrait être le cas dans LMDZ.

5 Comment cette étude peut-elle contribuer à améliorer la représentation de la MJO par les modèles de climat ?

Nous souhaitons continuer cette étude en comparant différents tests de sensibilité avec LMDZ. Par exemple, quand le déclenchement de la convection est retardé, LMDZ reproduit-il mieux l'évolution du δD pour plus d'événements MJO ? Nous réaliserons aussi des tests en mode non guidé, pour voir si une meilleure simulation de la séquence de processus humidifiants et asséchants conduit bien à une amélioration de la MJO. Enfin, nous essaierons d'appliquer nos diagnostics à d'autres GCMs isotopiques.

Références

- [Kim et al., 2012] Kim, D., Sobel, A. H., Genio, A. D. D., Chen, Y., Camargo, S. J., Yao, M.-S., Kelley, M., and Nazarenko, L. (2012). The tropical subseasonal variability simulated in the nasa giss general circulation model. *J. Clim.*, 25.
- [Lacour et al., 2012] Lacour, J.-L., Risi, C., Clarisse, L., Bony, S., Hurtmans, D., Clerbaux, C., and Coheur, P.-F. (2012). Mid-tropospheric deltaD observations from IASI/MetOp at high spatial and temporal resolution. *Atmos. Chem. Phys.*, 12 :10817–10832, doi :10.5194/acp-12-10817-2012.

- [Lin and Coauthors, 2006] Lin, J.-L. and Coauthors (2006). Tropical intraseasonal variability in 14 ipcc ar4 climate models. part i : Convective signals. *J. Climate*, 19 :2665-2690. doi : <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI3735.1>.
- [Madden and Julian, 1972] Madden, R. A. and Julian, P. R. (1972). Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period,. *J. Atmos. Sci.*, 29 :1109–1123.
- [Risi et al., 2010] Risi, C., Bony, S., Vimeux, F., and Jouzel, J. (2010). Water stable isotopes in the LMDZ4 General Circulation Model : model evaluation for present day and past climates and applications to climatic interpretation of tropical isotopic records. *J. Geophys. Res.*, 115, D12118 :doi :10.1029/2009JD013255.
- [Risi et al., 2012] Risi, C., Noone, D., Worden, J., Frankenberg, C., Stiller, G., Kiefer, M., Funke, B., Walker, K., Bernath, P., Schneider, M., Wunch, D., Sherlock, V., Deutscher, N., Griffith, D., Wernberg, P., Bony, S., Lee, J., Brown, D., Uemura, R., and Sturm, C. (2012). Process-evaluation of tropical and subtropical tropospheric humidity simulated by general circulation models using water vapor isotopic observations. Part 2 : an isotopic diagnostic of the mid and upper tropospheric moist bias. *J. Geophys. Res.*, 117 :D05304.
- [Woolnough et al., 2010] Woolnough, R. B., Blossey, P. N., Xu, K.-M., Bechtold, P., Chaboureaud, J.-P., Hosomi, T., Iacobellis, S. F., Luo, Y., Petch, J. C., Wong, R. Y., and Xie, S. (2010). Modelling convective processes during the suppressed phase of a Madden-Julian oscillation : Comparing single-column models with cloud-resolving models. *Quart. J. R. Meteor. soc.*, 136 (647) :333–353.

Cycles de q - δD à 500 hPa pour 7 événements MJO à 80°E

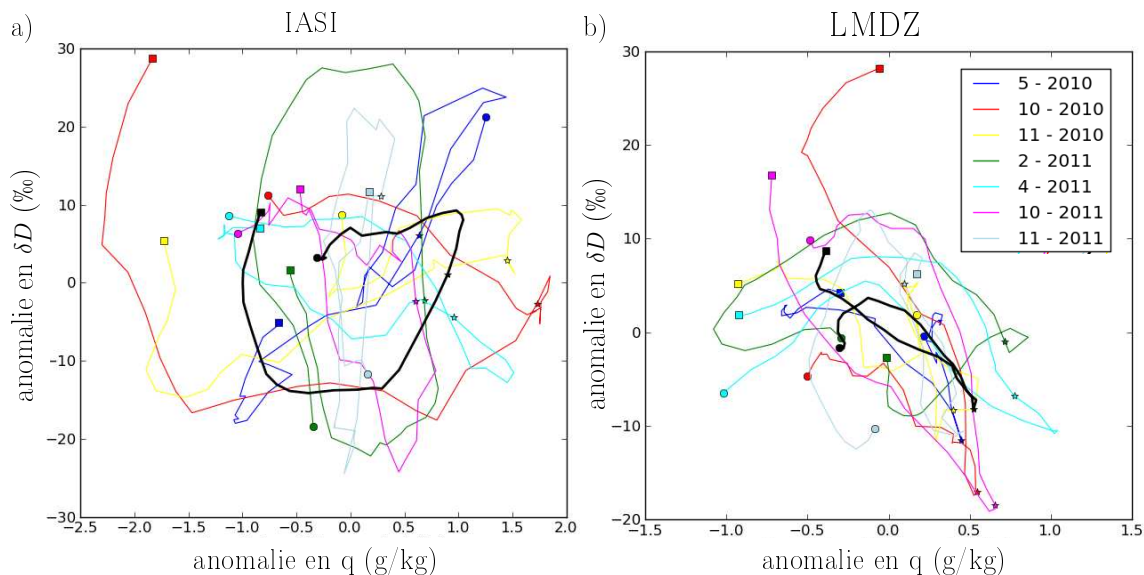


FIG. 1 – a) Évolution conjointe de l’humidité spécifique (q) et du δD au cours de 7 événements MJO observés par IASI dans l’océan indien, à 80°E. b) Même chose dans LMDZ. La courbe noire montre la moyenne entre les différents événements. Les étoiles représentent le maximum de précipitation, les cercles représentent ce qui se passe 17 jours avant ce maximum, et les carrés 17 jours après ce maximum. La date (mois et année) du début de chaque événement est indiquée. Le δD mesure l’enrichissement de l’eau en HDO par rapport à l’eau de mer en ‰.

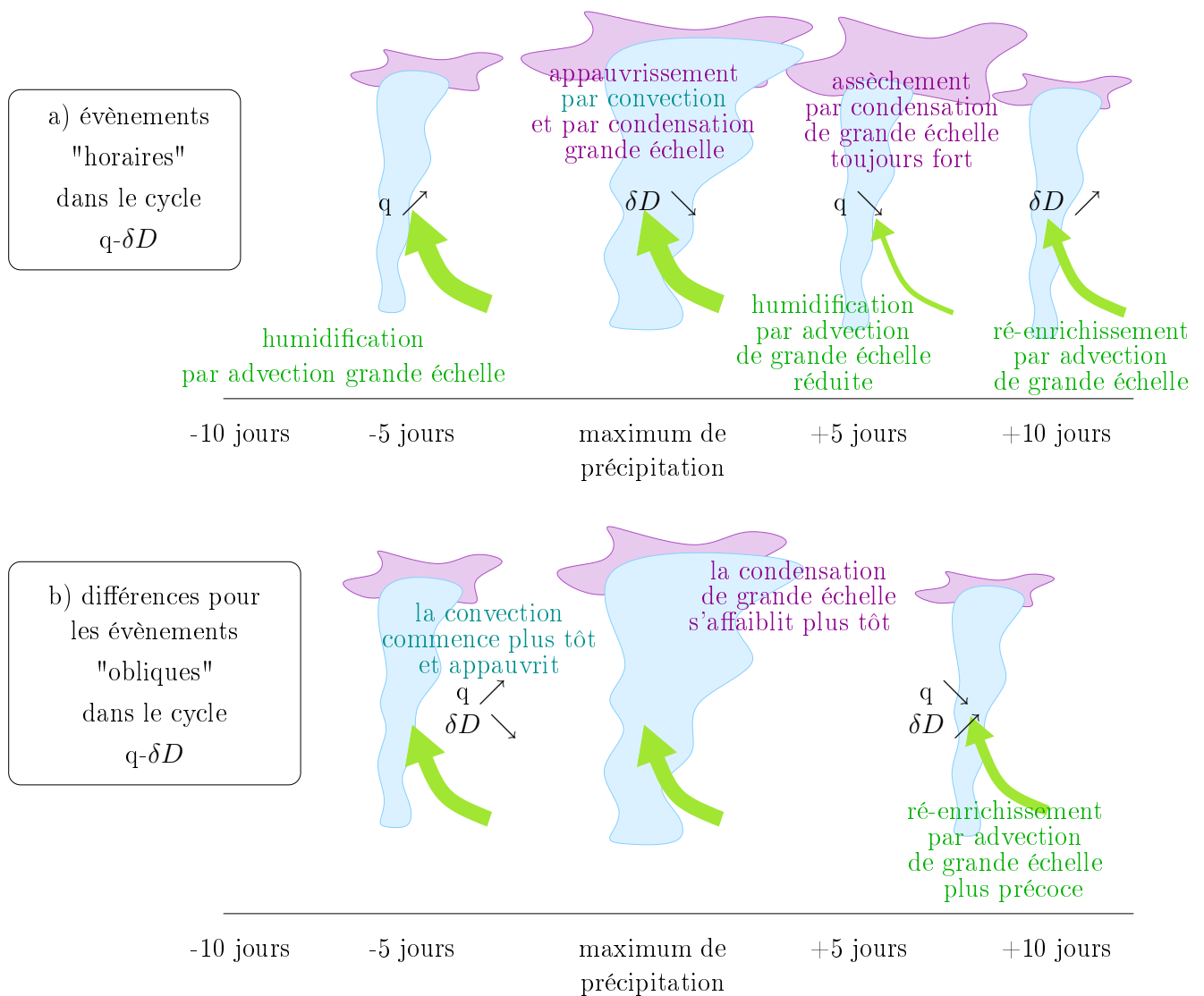


FIG. 2 – a) Schéma illustrant la séquence de processus humidifiants et asséchants lors des différentes phases de la MJO, pour les évènements montrant une évolution "horaire" dans le diagramme $q-\delta D$, d'après une analyse des tendances d'LMDZ. Les nuages bleus et mauves représentent la convection profonde et la condensation grande-échelle respectivement, les flèches vertes représentent l'advection de grande échelle. b) Différence pour les évènements montrant plutôt une évolution "oblique" dans le diagramme $q-\delta D$.