

Chevallier, deux chaînes fonctionnent en fait en parallèle. La première utilise les prévisions à 3 jours du NCEP et la seconde les prévisions sur 3 à 10 jours de l’ECMWF. L’utilisation de ces deux chaînes constitue un atout supplémentaire permettant de confronter les deux prévisions.

Une interface graphique a été mise au point permettant de visualiser rapidement, grâce à un site internet dédié, les distributions simulées pour les principales espèces gazeuses et particulaires dans le mode de prévision à 3 jours mais également d’accéder aux archives des jours précédents. Les distributions sont représentées à l’échelle globale, ainsi que pour des régions spécifiques comme l’Europe, l’Afrique de l’Ouest et l’Asie du Sud-Est. A titre d’exemple, la figure 13 montre la concentration de l’ozone à la surface simulée pour le 23 juillet 2005 à l’échelle globale et au-dessus de l’Europe lors d’un épisode de pollution survenu cet été. A partir de cartes satellitaires fournies par l’instrument MODIS à bord de EOS-TERRA et récupérées chaque jour sur le site de INCA, il est également possible de confronter les résultats du modèle avec les mesures. La figure 14 illustre par exemple une tempête de poussières désertiques au-dessus de l’Afrique du Nord simulée par LMDZ-INCA et vue par MODIS.

Bien sûr, il nous reste maintenant à évaluer a posteriori les résultats de nos prévisions de cet été et ce travail débutera très prochainement. Outre le passage à de plus hautes résolutions horizontale et verticale, nous envisageons à moyen terme d’inclure sur cette plateforme une prévision de la visibilité fort utile pour le transport aérien. Il est également prévu de présenter la colonne totale d’ozone, la dose de rayonnement UV reçue à la surface et de suivre l’évolution du trou d’ozone à partir de la version stratosphérique de LMDZ-INCA. Par ailleurs, des algorithmes d’assimilation de données sont également en cours d’intégration dans INCA et cette plateforme en temps réel sera utilisée dans le cadre de l’exploitation des données satellitaires de IASI/METOP pour la chimie ou de CALIPSO pour les aérosols. A suivre donc.

Didier Hauglustaine (LSCE)
Didier.Hauglustaine@cea.fr
Anne Cozic (LSCE)
anne.cozic@cea.fr
Sophie Szopa (LSCE)
sophie.szopa@cea.fr
Michael Schulz (LSCE)
michael.schulz@cea.fr

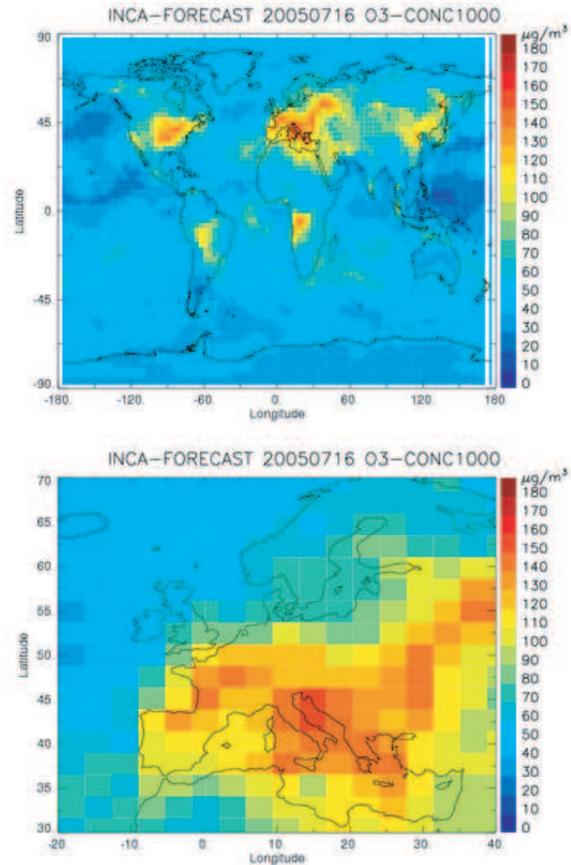


FIG. 13 – Distribution de la concentration d’ozone simulée à l’échelle globale et au-dessus de l’Europe pour le 23 juillet 2005 par LMDZ-INCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Réglage de la paramétrisation de l’effet indirect des aérosols avec des données satellitaires

L’effet indirect des aérosols anthropiques⁹ est reconnu comme un forçage à la fois parmi les plus importants et des plus incertains du changement climatique. Dans la version actuelle de LMDZ, il est représenté suivant *Boucher et Lohmann [1995]* :

$$N_d = \exp(a_0 + a_1 \ln m_a) \quad (1)$$

où N_d est la concentration en nombre des gouttelettes, m_a la concentration en masse des aérosols, et a_0 et a_1 sont des paramètres qui ont été définis à partir des observations aéroportées. Ces deux paramètres ont été ajustés afin que la relation entre la

⁹Les aérosols, servent de condensation et module leur concentration en nombre des gouttelettes d’eau nuageuses – Davantage de noyaux résulte en des gouttes plus nombreuses et plus petites – Les nuages réfléchissent alors plus efficacement le rayonnement solaire.

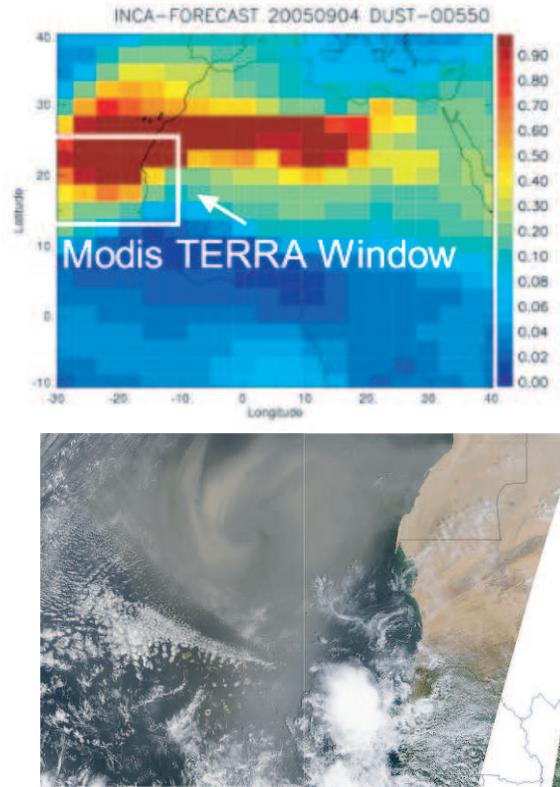


FIG. 14 – Épaisseur optique des aérosols simulée par le modèle LMDZ-INCA (haut) lors d’un épisode d’export de poussières désertiques en Afrique de l’Ouest et ce même épisode observé par l’instrument MODIS à bord du satellite EOS/TERRA (bas). La fenêtre d’observation de MODIS est représentée par le rectangle sur la figure du haut. Un bon accord qualitatif est obtenu entre les deux distributions pour cet épisode

taille des gouttelettes au sommet des nuages et l’indice des aérosols soit bien représentée dans le modèle ([Quaas et al., 2005a; Quaas et Boucher, 2005; Dufresne et al., 2005]). Ce réglage a réduit d’environ 50% le forçage par rapport à la version standard du modèle. Dufresne et al. [2005] ont montré en outre que l’utilisation du schéma ORCHIDEE, qui réduit la couverture nuageuse basse au-dessus des continents dans le modèle, induit une réduction de l’effet indirect des aérosols de 50% supplémentaires.

L’effet indirect des aérosols peut aussi augmenter le contenu en eau liquide et la durée de vie des nuages, car des gouttelettes plus petites forment moins efficacement la précipitation (“deuxième effet indirect”). Cet effet peut être inclus dans LMDZ en appliquant le schéma de microphysique des nuages de Boucher et al. [1995]. Ce schéma prend en compte la concentration des gouttelettes dans la paramétrisation de la formation de la pluie (le processus d’autoconversion). En l’appliquant, les

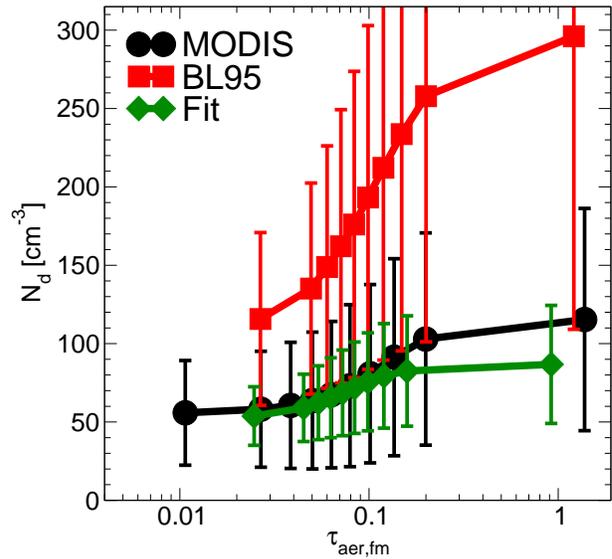


FIG. 15 – Relation entre la concentration en nombre des gouttelettes et l’épaisseur optique du mode fin des aérosols au-dessus des océans (60°S - 60°N), par les données MODIS (noir), par le modèle avec la formule originale de Boucher et Lohmann [1995] (rouge) et par le modèle avec les nouveaux paramètres (vert). Les barres d’erreur montrent l’écart-type dans chaque bin.

aérosols ont un effet sur le contenu en eau des nuages (qui augmente alors avec la concentration des aérosols). La relation entre la taille des gouttelettes (qui dépend de N_d et du contenu en eau liquide) et la concentration des aérosols peut ainsi être perturbée. Afin de résoudre ce problème, nous avons établi un jeu de données de la concentration des gouttelettes à partir des données spatiales MODIS en appliquant l’hypothèse de nuages adiabatiques [Quaas et al., 2005b]. Ainsi, nous avons pu corrélérer N_d et l’épaisseur optique du mode fin des aérosols (qui correspond aux aérosols anthropiques) à partir des données satellitaires, et nous avons réglé les paramètres de la formule 1 pour reproduire cette relation dans le modèle. La figure 15 montre ces relations pour cinq ans de données, pour lesquelles l’ajustement permet de bien reproduire cette relation, alors que la variabilité (l’écart-type) est un peu trop petit dans le modèle.

La Table 1 liste les paramètres ajustés et les forçages adoptés par nos différentes études.

Références

- [1] Boucher, O., and U. Lohmann, The sulfate–CCN–cloud albedo effect - a sensitivity study with two general circulation models, *Tellus*, 47B, 281–300, 1995.

Étude	a_0	a_1	Forçage [Wm^{-2}]
BL95, sulfate	5.1	0.41	-0.9
BL95, tous	5.1	0.41	-0.7
BL95, tous	5.1	0.41	-0.8*
QB05, sulfate	3.9	0.20	-0.5
QB05, tous (POLDER)	1.7	$0.45^1, 0.30^2, 0.25^3, 0.20^4$	-0.4
QB05, tous (MODIS)	$1.2^5, 1.4^6$	$0.20^7, 0.15^8$	-0.3
Q05, tous (MODIS)	4.3	0.30	-0.5*

TAB. 1 – Effet indirect des aérosols : valeurs des paramètres a_0 et a_1 de l'équation (1) et moyenne annuelle globale du forçage radiatif associé dans les différentes études. *Boucher and Lohmann* [1995, leur formule “D”], QB05 : *Quaas and Boucher* [1995, ajustement de la relation taille des gouttelettes - concentration des aérosols avec données POLDER et MODIS], Q05 : *Quaas et al.* [2005b, ajustement de la relation concentration des gouttelettes - concentration des aérosols avec données MODIS]; sulfate : m_a dans Eq. (1) est la masse des sulfates (moyennes mensuelles), tous : m_a est la masse de tous les aérosols (interactifs); (*): l'effet combiné des deux effets indirects des aérosols (la version plus récente de LMDZ utilisée dans cette étude a moins de nuages bas au-dessus des continents et alors un effet indirect plus petit). (1) : nuages convectifs (définis comme nuages dans les points de la grille où il y a de la convection) au-dessus des continents; (2) : nuages convectifs au-dessus des océans; (3) : nuages stratiformes au-dessus des continents; (4) : nuages stratiformes au-dessus des océans; (5) : au-dessus des continents; (6) : au-dessus des océans; (7) : nuages convectifs; (8) : nuages stratiformes.

- [2] Boucher, O., H. Le Treut, and M. B. Baker, Precipitation and radiation modeling in a general circulation model : Introduction of cloud microphysical processes, *J. Geophys. Res.*, 100, 16395–16414, 1995.
- [3] Dufresne, J.-L., J. Quaas, O. Boucher, S. Denvil, et L. Fairhead, Contrasts in the effects on climate of anthropogenic sulfate aerosols between the 20th and the 21st century, *Geophys. Res. Lett.*, doi :10.1029/2005GL023619, in press, 2005.
- [4] Quaas, J., et O. Boucher, Constraining the first aerosol indirect radiative forcing in the LMDZ GCM using POLDER and MODIS satellite data, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L17814, doi :10.1029/2005GL023850, 2005.
- [5] Quaas, J., O. Boucher, et J.-L. Dufresne, Effets des aérosols sulfatés sur le climat du 20ème siècle, *LMDZ-Info*, 5, 6-7, 2005a.
- [6] Quaas, J., O. Boucher, and U. Lohmann, Constraining the total aerosol indirect effect in the LMDZ and ECHAM4 GCMs using MODIS satellite data, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, in press, 2005b.

—————
Johannes Quaas (MPI-Met)
quaas@dkrz.de

Olivier Boucher (Hadley Centre, Met Office)
olivier.boucher@metoffice.gov.uk

Forçage indirect par différents types d'aérosols : Sulfates et mélanges “externe” et “interne”

Une des raisons pour laquelle le forçage par l'effet indirect est toujours mal connu est l'ignorance de la capacité des différents types d'aérosols à servir de noyaux de condensation des nuages (*cloud condensation nuclei*, CCN). Pendant longtemps, on n'a pris en compte que les aérosols sulfatés (d'origine naturelle par biogéochimie des océans, et d'origine anthropique par pollution). Il a été observé, pourtant, que d'autres espèces d'aérosols tels que les aérosols organiques peuvent, eux aussi, servir de CCN. En général, l'état de mélange des aérosols est d'importance. Dans l'hypothèse d'un mélange “externe”, les différentes composantes chimiques des aérosols forment des particules séparées. Au contraire dans l'hypothèse d'un mélange “interne”, l'une des composantes peut condenser sur une autre, ou différentes espèces peuvent coaguler, et ainsi chaque particule peut être composée de plusieurs espèces.

Nous avons examiné l'influence de ces trois hypothèses sur le forçage par l'effet indirect dans le modèle LMDZ. L'effet indirect est exprimé par le lien entre la concentration en masse des aérosols et la concentration en nombre des gouttelettes suivant *Boucher et Lohmann* [1995; BL95] (voir le chapitre précédent). Pour l'étude de sensibilité, nous avons choisi trois méthodes pour définir la masse des