

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. Geoph. 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

aérosols, où les hypothèses de mélanges externes et internes ne sont approximées que de manière très grossière :

1. Comme proposé par BL95, et comme il est courant dans de nombreuses études, m_{aer} est la masse des sulfates seule (Expérience “Sulfate”).
2. Pour simuler l’hypothèse de mélange externe, on prend la somme des masses des aérosols hydrophiliques (et donc CCN potentiels) : sulfates, carbonés hydrophiliques et sels de mer de petits rayons (inférieurs à $1 \mu\text{m}$) (Expérience “Somme”).
3. Pour l’hypothèse de mélange interne, le maximum des masses des aérosols hydrophiliques est pris (Expérience “Maximum”).

Pour chacune des expériences, une simulation d’une année est effectuée. Suivant Quaas et al. [2005; QBL05], nous évaluons les paramétrisations en comparant la relation entre la concentration en nombre de gouttelettes et l’épaisseur optique du mode fin des aérosols observée par les données satellitaires MODIS et celles simulées par les trois expériences (figure 16). Les trois hypothèses sont en accord avec les données satellitaires, lorsque les bons paramètres sont choisis. Pour l’hypothèse “sulfate”, on constate que les paramètres originaux de BL95 donnent un accord satisfaisant¹⁰, alors que les deux autres relations sont très comparables et en accord avec les observations pour le choix de paramètres proposé par QBL95. Dans la Table 2, nous listons ces trois expériences et les forçages simulés par l’effet indirect.

En conclusion, les données satellitaires ne permettent pas de savoir laquelle des hypothèses est correcte, mais le choix a une influence importante sur le forçage simulé. Il est de loin le plus grand quand on ne choisit que les sulfates, et cela est dû au fait que la plupart des sulfates sont d’origine anthropique et que l’aérosol de fond est en faible concentration, et il est un peu plus grand pour l’hypothèse de mélange externe que pour celle de mélange interne.

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.

¹⁰Il faut d’ailleurs remarquer que BL95 décrit un modèle où les aérosols sont interactifs, contrairement à d’anciennes études, parmi lesquelles les simulations pour l’IPCC où les champs de sulfates en moyennes mensuelles sont imposés – mais avec ce choix des paramètres, l’effet indirect serait sur-estimé

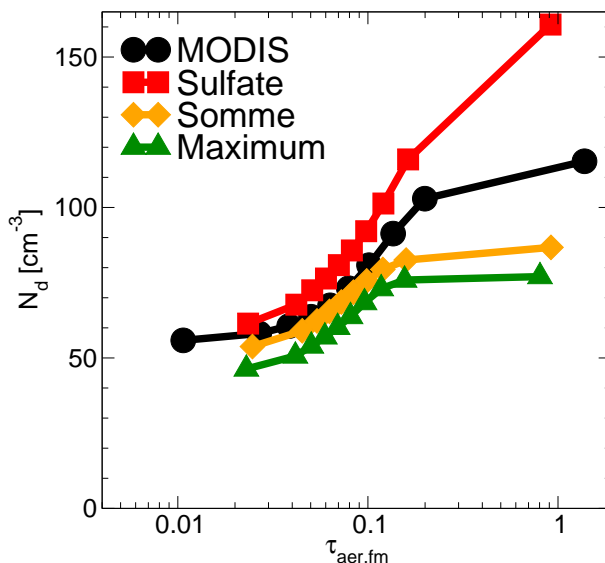


FIG. 16 – Relation entre la concentration en nombre de gouttelettes et l’épaisseur optique des aérosols au-dessus des océans, par MODIS (noir), et par LMDZ pour les expériences “Sulfate” (rouge), “Somme” (jaune), et “Maximum” (vert, voir texte).

- [2] 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.*, 5, 9669-9690, SRef-ID : 1680-7375/acpd/2005-5-96695, 2005.

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

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

8 Climatologie - méthodes de validation

Nuages et réchauffement climatique : d’où viennent les incertitudes ?

La réponse des nuages au réchauffement global est très variable selon les modèles climatiques, et cette diversité est considérée depuis plus de 15 ans comme l’une des principales sources d’incertitudes