

## **Sujet de thèse**

### **Influence de l'évolution climatique sur la qualité de l'air en Europe**

#### **CERFACS & CEREА**

CERFACS, 42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex 01  
CEREА, Laboratoire commun École des Ponts ParisTech / EDF R&D, 6 avenue Blaise  
Pascal, 77455 Marne la Vallée Cedex 2

Contacts : Christian Seigneur, Cerea, [seigneur@cerea.enpc.fr](mailto:seigneur@cerea.enpc.fr)  
Laurent Terray, Cerfacs, [terray@cerfacs.fr](mailto:terray@cerfacs.fr)

L'évolution du climat dans les décennies à venir va avoir un impact sur des variables météorologiques (par exemple, températures, précipitations, vents) qui vont influencer divers facteurs (émissions de polluants, cinétique chimique, équilibre gaz/particules, lessivage des polluants, périodes de stagnation, transport à longue distance) qui affectent la qualité de l'air (Jacob et Pennell, 2009 ; Jacob et Winner, 2009). L'augmentation des concentrations d'ozone dans diverses régions du globe a été prédite par plusieurs modèles. Il y a cependant peu d'études de l'effet du changement climatique sur les particules atmosphériques, particulièrement en Europe. Les effets sont complexes car certains effets conduiraient plutôt à une augmentation de leurs concentrations (émissions plus importantes de précurseurs, oxydation en produits condensables plus rapide) alors que d'autres mèneraient plutôt à une diminution de leurs concentrations (par exemple volatilisation des espèces semi-volatiles). Ces particules fines (PM<sub>2,5</sub>) sont néfastes pour la santé et font l'objet de réglementations en Amérique du Nord et en Europe. Par conséquent, il paraît important d'étudier de façon systématique l'effet du changement climatique sur la formation des particules fines et d'étudier quelles sont les sources majeures d'incertitudes dans ces projections.

La méthodologie de désagrégation statistique développée par le Cerfacs sera adaptée pour étudier l'impact du changement climatique aux échelles régionales sur des variables météorologiques (vents, précipitations) et l'hydrologie (Boé et al., 2006, Najac et al., 2008) en s'intéressant ici à l'impact du changement climatique non seulement sur la météorologie mais aussi sur la qualité de l'air. Cette méthodologie utilise des types de temps pour représenter la météorologie sur de longues périodes. Les types de temps sont construits pour être discriminant pour une ou plusieurs variables d'intérêt (température, précipitations, vent de surface ...). Il existe donc des liens forts entre chaque type de temps et les variables climatiques. L'idée est alors simplement de caractériser les changements futurs des variables climatiques en pondérant les valeurs associées aux types de temps par leurs changements de fréquence d'occurrence. Cette approche permet donc de limiter les temps de calcul en ciblant et en simulant uniquement des périodes (jours) représentatives de chacun de ces types de temps (typiquement une dizaine par type de temps). Des modifications de la méthodologie seront effectuées par rapport à celle qui a été utilisée pour les vents de surface, en particulier sur les points suivants : le choix des variables discriminantes pour les types de temps, la prise en compte explicite de la persistance dans la recherche des types de temps et la prise en compte du réchauffement d'origine radiative non directement lié aux changements de dynamique atmosphérique.

Les études effectuées précédemment sur l'impact du changement climatique sur la qualité de l'air ont généralement simulé des périodes longues afin de tenir compte de la

variabilité de la météorologie (par exemple simulations de quatre mois d'été pour 30 années par Meleux et al., 2007). Les moyens de calcul demandés pour ces longues simulations ont alors limité la finesse de la représentation spatiale ainsi que le nombre de scénarios qui pouvaient être étudiés. En particulier, l'incertitude associée à la formulation scientifique des modèles n'est généralement pas prise en compte. Si la simulation de l'ozone peut maintenant être considérée comme assez robuste (même s'il existe encore des zones d'incertitude ; Russell et Dennis, 2000), il n'en est pas de même des simulations des  $PM_{2,5}$  où les incertitudes peuvent être significatives. En effet, la non-linéarité des processus menant à la formation des sulfates, nitrates et composés organiques particuliers rend les résultats des simulations des  $PM_{2,5}$  particulièrement sensibles aux hypothèses faites sur la paramétrisation des processus physico-chimiques et les inventaires d'émissions des polluants précurseurs des  $PM_{2,5}$  (Pun et al., 2008).

Le modèle de qualité de l'air qui sera utilisé est le modèle de chimie-transport (CTM) Polyphemus/Polair3D (Mallet et al., 2007 ; Tombette et Sportisse, 2007). Ce modèle a fait l'objet de nombreuses évaluations avec des données expérimentales dans l'atmosphère ambiante. Il permet de simuler la pollution photochimique y compris l'ozone et les particules ( $PM_{2,5}$ ). Il représente en particulier l'état de l'art pour le traitement de la photochimie et de la formation des  $PM_{2,5}$ . Par ailleurs, il offre la possibilité d'utiliser différents algorithmes pour représenter les processus physico-chimiques de la formation des polluants atmosphériques. Par exemple, les deux mécanismes les plus récents pour simuler la formation de l'ozone troposphérique (CB05 et RACM2) sont disponibles dans Polair3D.

L'objectif de cette étude sera donc de simuler l'impact du changement climatique sur la qualité de l'air en Europe en mettant l'accent principalement sur les  $PM_{2,5}$  (car de nombreuses études ont déjà été effectuées sur l'ozone). Les facteurs qui peuvent affecter les concentrations des  $PM_{2,5}$  sont nombreux : le changement des températures affectera certaines émissions de précurseurs (par exemple émissions biogéniques de la végétation), la cinétique de l'oxydation de ces précurseurs et le partage gaz/particules des composés semi-volatils, le changement des précipitations affectera le lessivage des particules, le changement des vents affectera les émissions éoliennes de poussières, et l'évolution de l'utilisation des sols affectera les émissions de particules et de leurs précurseurs ainsi que les dépôts secs de particules. Des cartes d'évolution de l'utilisation des sols pour les décennies futures seront utilisées pour représenter leur impacts sur les émissions de polluants (ou précurseurs de polluants) atmosphériques.

Les incertitudes dans la formulation du modèle de qualité de l'air seront traitées dans une certaine mesure en faisant plusieurs simulations avec des paramétrisations différentes. Différentes projections climatiques sous le scénario SRES-A1B réalisées dans le cadre du récent projet européen ENSEMBLES seront utilisées pour représenter les incertitudes climatiques. Ces simulations ont été réalisées avec des modèles régionaux sur l'Europe à une résolution de 25 km et couvrent la période 1950-2050. On pourra aussi utiliser à partir de 2011 les projections climatiques qui vont être faites pour le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC. Par ailleurs, des simulations pourront être effectuées avec différentes données d'entrée afin de refléter les incertitudes associées par exemple avec les niveaux d'émissions et l'utilisation des sols.

## Références:

- Boé J., L. Terray, F. Habets, E. Martin, 2006: A simple statistical-dynamical downscaling scheme based on weather types and conditional resampling *J. Geophys. Res.*, **111**, D23106.
- Jacob, D.J., W. Pennell, 2009. Climate – air quality interactions, *in* NARSTO Multipollutant Accountability Assessment, G. Hidy et al., eds., sous presse.
- Jacob, D.J., R.A. Winner, 2009. Effect of climate change on air quality, *Atmos. Environ.*, **43**, 51-63.
- Mallet, V., D. Quélo, B. Sportisse, M. Ahmed de Biasi, É. Debry, I. Korsakissok, L. Wu, Y. Roustan, K. Sartelet, M. Tombette, H. Foudhil, 2007. Technical note: The air quality modeling system Polyphemus, *Atmos. Chem. Phys.*, **7**, 5479-5487.
- Meleux, F., F. Solmon, F. Giorgi, 2007. Increase in European summer ozone amounts due to climate change, *Atmos. Environ.*, **41**, 7577-7587.
- Najac J., J. Boé and L. Terray, 2008: A multi-model ensemble approach for assessment of climate change impact on surface winds in France *Clim. Dyn.*, **32**, 615-634, doi: 10.1007/s00382-008-0440-4
- Pun, B., C. Seigneur, E.M. Bailey, L.L. Gautney, S.G. Douglas, J.L. Haney, N. Kumar, 2008. Response of atmospheric particulate matter to changes in precursor emissions: A comparison of three air quality models, *Environ. Sci. Technol.*, **42**, 831-837.
- Russell, A., R. Dennis, 2000. NARSTO critical review of photochemical models and modeling, *Atmos. Environ.*, **34**, 2283-2324.
- Tombette, M., B. Sportisse, 2007. Aerosol modeling at a regional scale: Model-to-data comparison and sensitivity analysis over Greater Paris, *Atmos. Environ.*, **41**, 6941-6950.