



**HAL**  
open science

## Pollution atmosphérique et climat : construction d'une nouvelle chaîne de modélisation

Augustin Colette, Laurence Rouil, Bertrand Bessagnet, Simone Schucht

### ► To cite this version:

Augustin Colette, Laurence Rouil, Bertrand Bessagnet, Simone Schucht. Pollution atmosphérique et climat : construction d'une nouvelle chaîne de modélisation. Rapport Scientifique INERIS, 2013, 2012-2013, pp.58-60. ineris-01869465

**HAL Id: ineris-01869465**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869465>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Pollution atmosphérique et climat : construction d'une nouvelle chaîne de modélisation

## CONTRIBUTEURS



Augustin  
Colette



Laurence  
Rouil



Bertrand  
Bessagnet



Simone  
Schucht

## NOTES

(1) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

(2) *Coordinated Regional Climate Modelling Experiment*.

(3) *Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project*.

(4) <http://www.top500.org/list/2013/06/>

**M**ême si leurs impacts respectifs se caractérisent généralement par des échelles de temps et d'espaces différentes, qualité de l'air et climat restent intimement liés, autant par les processus géophysiques qui les régissent (phénomènes météorologiques et composition chimique de l'atmosphère) que par les stratégies de gestion et d'atténuation qui les concernent (stratégies d'économie d'énergie ou transition vers de nouvelles sources d'énergie). Ces interactions multiples appellent des approches intégrées afin de s'assurer que les mesures de réduction d'émissions de polluants conçues aujourd'hui demeurent efficaces à l'avenir, dans un contexte climatique différent. De telles approches intégrées doivent aussi permettre d'identifier les mesures de gestion les plus coût-efficaces et qui auraient des effets positifs tant sur la qualité de l'air que sur le réchauffement climatique.

## Une nouvelle chaîne de modélisation atmosphérique

Afin d'évaluer l'efficacité des politiques environnementales à l'horizon 2050, une nouvelle chaîne de modélisation de l'atmosphère a été construite. Elle est centrée sur le modèle de qualité de l'air CHIMERE [A] utilisé et développé par l'INERIS, notamment pour les prévisions quotidiennes de PREV'AIR ([www.prevoir.org](http://www.prevoir.org)). Pour passer d'une prévision à l'horizon de quelques jours, à une projection concernant le milieu du siècle, le modèle a été adapté pour être utilisé en conjonction avec :

- **le modèle climatique de circulation générale couplée océan/atmosphère** de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) utilisé pour le 5<sup>e</sup> Assessment Report du GIEC<sup>(1)</sup> paru en septembre 2013;
- **un modèle climatique régional** proposant un zoom sur l'Europe (mis en œuvre conjointement par l'IPSL et l'INERIS dans le cadre du programme CORDEX<sup>(2)</sup>);
- **un modèle de chimie atmosphérique globale** afin de prendre en compte l'évolution de la pollution distante (opéré par l'IPSL pour le projet international ACCMIP<sup>(3)</sup>). La constitution d'une telle chaîne de modèle est un défi de calcul inédit. La seule partie concernant la modélisation de qualité de l'air européenne (CHIMERE) représente environ 200 000 heures de calcul (soit vingt ans si un seul ordinateur avait été utilisé) pour un volume de données de l'ordre de 50 000 Go. Une telle initiative a pu être conduite avec succès grâce à l'expertise en calcul haute performance acquise via la participation de l'INERIS au Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) hébergé au CEA et qui opère le 15<sup>e</sup> plus important calculateur mondial<sup>(4)</sup>.

## Références

[A] Menut L., Bessagnet B., Khvorostyanov D., Beekmann M., Colette A., Coll I., Curci G., Foret G., Hodzic A., Mailler S., Meleux F., Monge, J. L., Pison I., Turquety S., Valari M., Vautard R. and Vivanco M. G. *Regional atmospheric composition modeling with CHIMERE*, Geosci. Model Dev. Discuss., 2013, 6, pp. 203-329.

Colette A., Bessagnet B., Vautard R., Szopa S., Rao S., Schucht S., Klimont Z., Menut L., Clain G., Meleux F., Curci G. and Rouil L. *European atmosphere in 2050, a regional air quality and climate perspective under CMIP5 scenarios*, Atmos. Chem. Phys., 2013a, 13, pp. 7451-7471.

Colette A., Rouil L., Bessagnet B., Schucht S., Szopa S., Vautard R. and Menut L. *Pollution atmosphérique et climat*, Pollution atmosphérique, juin 2013, pp. 78-84, 2013b.

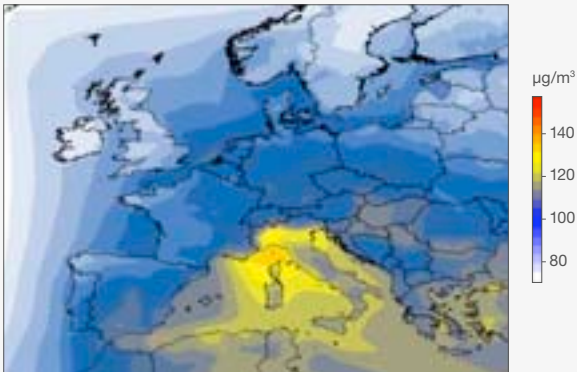
## Projections pour 2050

La carte des maxima d'ozone pour la situation actuelle (historique, en haut à gauche de la **Figure 1**) reproduit les caractéristiques habituelles avec un gradient nord-sud prononcé, mis à part les principales zones polluées d'Europe de l'Ouest. D'ici 2050, dans le cas du scénario d'atténuation, les efforts relatifs à l'efficacité énergétique impactent indirectement les émissions des précurseurs de l'ozone, et la baisse d'ozone est généralisée. La diminution des niveaux d'ozone est beaucoup plus limitée pour le scénario de base (qui correspond à une situation dite « *business as usual* »). Une analyse de ➤

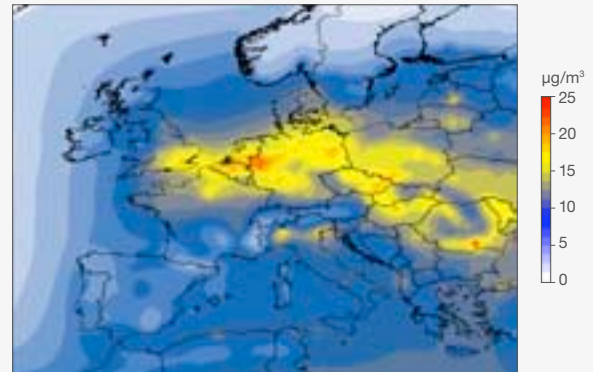
**Figure 1**

Ozone (moyenne des maxima journaliers sur les trois mois d'été, à gauche) et particules (moyenne annuelle de  $PM_{2.5}$ , à droite). La première ligne décrit la situation actuelle (historique), et les suivantes la différence – par rapport à l'historique – pour deux réalisations différenciant par leurs politiques climatiques (atténuation et *statu quo* ou *business as usual*) pour 2050 qui intègrent les impacts du climat global, du climat régional, des émissions de polluants locales et du transport à longue distance.

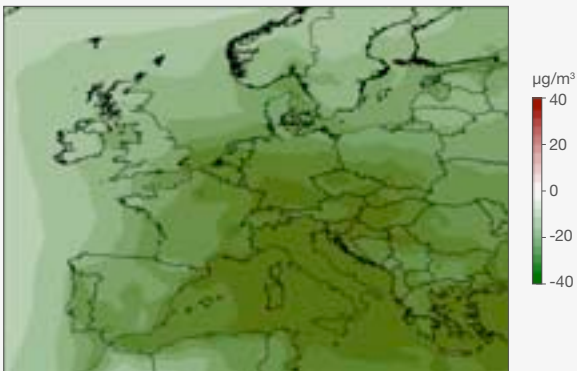
O<sub>3</sub> : historique (2005)



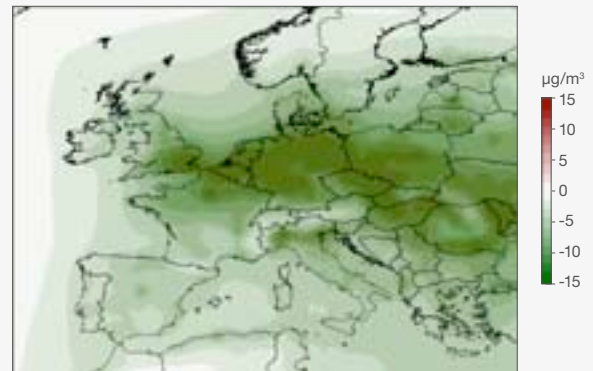
PM<sub>2.5</sub> : historique (2005)



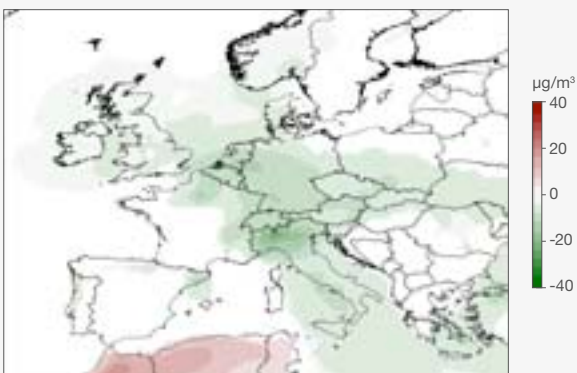
O<sub>3</sub> : atténuation (2050) – historique (2005)



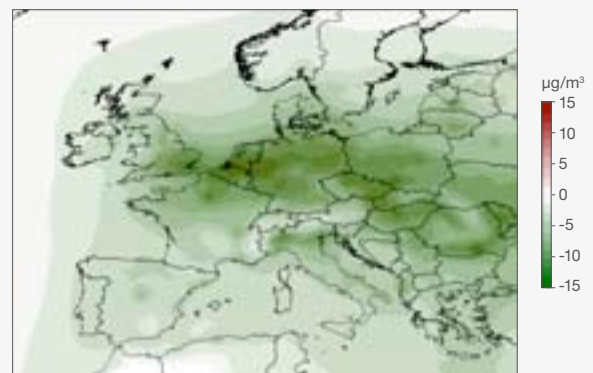
PM<sub>2.5</sub> : atténuation (2050) – historique (2005)



O<sub>3</sub> : statu quo (2050) – historique (2005)



PM<sub>2.5</sub> : statu quo (2050) – historique (2005)





➔ décomposition montre que les émissions de précurseurs sont suffisamment significatives pour conduire à une réduction des maxima d'ozone. Même si ce scénario ignore la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique, il suppose que la législation européenne relative à la qualité de l'air sera bien implémentée, ce qui semble ici être suffisamment efficace pour réduire l'exposition aux pics d'ozone. En revanche, les émissions non européennes et l'évolution du climat global constituent des pénalités très importantes, qui contrebalancent la baisse imputable aux émissions européennes pour ce scénario *business as usual*.

La situation actuelle et l'évolution future des particules fines sont données sur les panneaux à droite de la **Figure 1**. La simulation historique (en haut) reproduit bien les maxima sur les zones polluées d'Europe de l'Est, ainsi que pour la vallée du Pô, Paris, Londres et le Benelux. Comme pour l'ozone, les projections pour 2050 s'accordent sur une baisse des concentrations de particules fines. En termes d'exposition, les concentrations de PM2.5 pondérées par la densité de population décroissent de 60 % et 80 % pour les scénarios respectivement *statu quo* et atténuation. Si les deux trajectoires pour 2050 diffèrent légèrement, elles sont toutefois beaucoup plus proches que pour l'ozone, ce qui souligne l'importance des politiques de gestion de la qualité de l'air pour les particules. L'implémentation des politiques énergétiques liées au changement climatique a ici moins d'impact que pour l'ozone.

### Conclusion

Les chaînes de modélisation du climat et de la qualité de l'air atteignent un degré de maturité suffisant pour proposer des projections à l'horizon 2050 intégrant les principaux facteurs d'influence. Le travail présenté ici prend en compte les rôles :

- des politiques de gestion du climat et de la qualité de l'air (via les émissions de gaz à effet de serre et des polluants et précurseurs) ;
- du changement climatique global et sa déclinaison régionale sur l'Europe ;
- de la chimie de l'atmosphère à l'échelle globale et européenne.

Il faut toutefois souligner que de telles études d'impact du changement climatique nécessitent une quantification des incertitudes associées. Le coût et la complexité des calculs nous ont conduits à sélectionner un seul modèle de climat, mais, à l'avenir, il sera essentiel de conduire des études d'ensemble en suivant les bonnes pratiques définies par le GIEC.

### Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du programme Primequal du ministère chargé de l'Écologie et de l'Ademe via le projet SALUT'AIR ainsi que du GIS Climat-Environnement-Société via le projet ACHIA. Les travaux de modélisation ont été effectués sur les calculateurs du Centre de calcul recherche et technologie (CCRT).

### Collaboration

Sophie Szopa et Robert Vautard (LSCE/IPSL/CEA/CNRS/UVSQ).  
Laurent Menut (LMD/IPSL/ CNRS/École polytechnique/UPMC).



Climate change and air quality are closely related: through the policy measures implemented to mitigate these major environmental threats but also through the geophysical processes that drive them. We designed, developed and implemented

a comprehensive regional air quality and climate modelling system to investigate future air quality in Europe taking into account the combined pressure of future climate change and long range transport. Using the prospective scenarios of the last generation of pathways for both climate change (emissions of well mixed greenhouse gases) and air pollutants, we can provide a quantitative view into the possible future air quality in Europe. We find that ozone pollution will decrease substantially under

the most stringent scenario but the efforts of the air quality legislation will be adversely compensated by the penalty of global warming and long range transport for the business as usual scenario. For particulate matter, the projected reduction of emissions efficiently reduces exposure levels.