

## **Journée de rencontre : Changement climatique et qualité de l'air**

### **15 septembre 2008, à Paris**

#### Evolution des émissions des composés chimiques de 1960 à 2100

**Claire Granier (Service d'aéronomie, Paris)**

L'objectif de la présentation est de montrer comment les émissions des gaz à effet de serre, des précurseurs de l'ozone et des aérosols ont évolué depuis la période préindustrielle. Différentes catégories d'émissions seront envisagées :

- Les émissions d'origine humaine, liées aux activités industrielles, au trafic, et à l'agriculture qui ont été profondément modifiées aussi bien au niveau des quantités émises que dans leur répartition spatiale ;
- Les émissions naturelles (végétation et océans) modifiées sous l'influence de différents processus ;
- Les émissions dues à la combustion de la biomasse résultant à la fois de processus naturels et anthropiques. Les méthodes utilisées pour quantifier les émissions futures des composés chimiques ayant un impact à la fois sur le climat et la qualité de l'air seront brièvement présentées.

#### Le changement climatique et la composition atmosphérique à l'échelle globale

**Guy Brasseur (Directeur adjoint du National Center for Atmospheric Research, Etats-Unis)**

L'objectif de la présentation est de montrer comment le changement climatique pourrait modifier la composition chimique de l'atmosphère et donc la qualité de l'air à l'échelle globale. Les changements de température, d'humidité, du taux de précipitation modifieront de manière significative les émissions naturelles des composés biogéniques (émissions par la végétation et par les bactéries dans les sols), la fréquence des feux de forêts et donc les émissions de gaz liés à la combustion de biomasse, la production d'oxyde d'azote et donc d'ozone par les éclairs, ainsi que les échanges dynamiques des composés chimiques entre la troposphère et la stratosphère. Ces modifications attendues de la composition chimique auront un impact important sur la qualité de l'air non seulement en région urbaine mais aussi dans les régions reculées (océan, par exemple) généralement peu affectées par la pollution industrielle et urbaine.

Par ailleurs, le transport à grande échelle des composés chimiques par la dynamique atmosphérique (vents, convection, etc.), lié au problème de la pollution de fond, sera abordé.

#### Evolution du rôle des aérosols dans la pollution et le climat

**Olivier Boucher (Responsable du pôle « Climate, Chemistry and Ecosystems » au Met Office Hadley Centre, Royaume-Uni)**

Les aérosols sont des particules en suspension dans l'atmosphère qui jouent un rôle à la fois dans la qualité de l'air et l'évolution du climat. Notre connaissance des aérosols a considérablement progressé grâce aux réseaux d'observations, aux mesures par satellite et à la modélisation. Nous montrerons les premiers résultats du projet GEMS qui fournit des prévisions et des analyses des aérosols à l'échelle globale. Nous discuterons ensuite de l'impact des politiques d'amélioration de la qualité de l'air sur le climat. On montrera comment les coûts et les bénéfices de réductions des émissions d'aérosols peuvent être quantifiés dans le contexte du changement climatique et de politiques d'atténuation du changement climatique se focalisant sur des espèces à plus longue durée de vie. Enfin on passera en revue comment le changement climatique peut lui-même affecter la qualité de l'air.

#### Références bibliographiques

- ♦ Benedetti, A., J.-J. Morcrette, O. Boucher, A. Dethof, R. Engelen, L. Jones, J. W. Kaiser, M. Suttie and the GEMS team  
GEMS aerosol analyses with the ECMWF Integrated Forecast System  
[ECMWF Newsletter](#) ; 116 : 20-24 ; Summer 2008.
- ♦ Boucher, O., and M. S. Reddy  
Climate trade-off between black carbon and carbon dioxide emissions  
Energy Policy ; 36 : 193-200 ; 2008.
- ♦ Jones, A., J. M. Haywood, and O. Boucher  
[Aerosol forcing, climate response and climate sensitivity in the Hadley Centre climate model HadGEM2-AML](#)  
Journal of Geophysical Research ; 112, D20211 ; 2007.
- ♦ Morcrette, J.-J., L. Jones, J. W. Kaiser, A. Benedetti and O. Boucher  
Toward a forecast of aerosols with the ECMWF Integrated Forecast System  
[ECMWF Newsletter](#) ; 114 : 15-17 ; Winter 2007/2008.

#### Sites Web

- ♦ Site du MetOffice Hadley Centre : <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/index.html>
- ♦ Prévision de la profondeur optique des aérosols dans le cadre du programme GEMS :  
<http://gems.ecmwf.int/d/products/aer/realtime/>. GEMS (Global and regional Earth-system (Atmosphere) Monitoring using Satellite)

and in-situ data) vise à développer des systèmes de contrôle et de prévision des constituants atmosphériques à l'état de trace jouant un rôle dans le climat et la qualité de l'air.

### Changements climatiques et événements extrêmes

**Martin Beniston (Chaire de Climatologie, Université de Genève, Suisse ; [Martin.Beniston@unige.ch](mailto:Martin.Beniston@unige.ch) ; <http://www.unige.ch/climate>)**

Alors que les changements à long terme des caractéristiques moyennes du climat auront certainement des conséquences pour de nombreux secteurs environnementaux, sociaux, et économiques, les impacts les plus sévères seront vraisemblablement associés à des changements dans la fréquence et/ou dans l'intensité de diverses formes d'événements météorologiques extrêmes. A l'avenir, des régions qui sont aujourd'hui relativement à l'abri de tempêtes de vent, de vagues de chaleur, de sécheresses ou de crues pourraient ne plus l'être dans un climat plus chaud. Grâce à l'amélioration de nos connaissances sur les mécanismes physiques de phénomènes extrêmes, ainsi qu'au perfectionnement des modèles climatiques à l'échelle régionale, on commence à avoir un aperçu de ce qui pourrait se passer dans les décennies à venir. L'exposé donnera quelques exemples de changements dans la fréquence et la distribution de canicules et de pluies extrêmes en Europe et, à plus fine échelle, dans le domaine alpin en fonction d'un climat globalement plus chaud d'ici 2100. Ces exemples sont basés sur les résultats de simulations climatiques entreprises dans le cadre des 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> PCRD de l'Union Européenne, ainsi que des travaux de l'auteur sur le cas spécifique des Alpes.

### Références bibliographiques

♦ Beniston, M.

[Entering into the "greenhouse century": recent record temperatures in Switzerland are comparable to the upper temperature quantiles in a greenhouse climate](#)

Geophysical Research Letters ; 34 : L16710 ; 2007

♦ Beniston, M., Stephenson, D. B., Christensen, O. B., Ferro, C. A. T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikoff, J., Schöll, R., Semmler, T., and Woth, K.

[Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections](#)

Climatic Change ; 81 : 71-95 ; 2007

♦ Beniston, M.

[The August 2005 intense rainfall event in Switzerland: not necessarily an analog for strong convective events in a greenhouse climate](#)

Geophysical Research Letters ; 33 : L5701 ; 2006

♦ Beniston, M., and Stephenson, D.B.

[Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions](#)

Global and Planetary Change ; 44 : 1-9 ; 2004

♦ Beniston, M., and Diaz, H. F.

The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland

Global and Planetary Change ; 44 : 73-81 ; 2004

### Sites Web

♦ <http://www.ipcc.ch> : le site du GIEC où on peut télécharger les derniers rapports d'évaluation

♦ <http://prudence.dmi.dk> : le site du projet EU-FP5 « PRUDENCE » dédié à la modélisation climatique régionale sur l'Europe

♦ <http://www.ensembles-eu.org> : le site du projet EU-FP6 « ENSEMBLES » dédié à la modélisation d'ensembles pour mieux quantifier les incertitudes, les extrêmes, et les impacts climatiques

♦ <http://www.unige.ch/climate> : le site de l'équipe de recherche en climat de l'Université de Genève

♦ <http://secamlocal.ex.ac.uk/people/staff/dbs202/> : le site de D. B. Stephenson (Université d'Exeter, GB), un des grands spécialistes de l'étude des extrêmes climatiques

### Impact des événements extrêmes sur la qualité de l'air

**Jean-François Lamarque/Guy Brasseur (National Center for Atmospheric Research, Etats-Unis)**

La présentation sera focalisée sur un des exemples les plus parlants d'impact des événements extrêmes sur la qualité de l'air : la vague de chaleur de l'été 2003 en Europe. Nous analyserons en particulier la distribution d'ozone de surface (Vautard et coll., 2007) et la dépendance de cette distribution à la température (reconnue comme extrême pour 2003; Schär et coll., 2004). Une étude de modélisation publiée récemment (Solberg et coll., 2008) décrit les liens entre l'ozone de surface, la température de surface, l'humidité, le dépôt sec et les émissions biogéniques d'isoprène. Nous y ajouterons des éléments complémentaires permettant de mieux comprendre les liens entre ces processus. Nous terminerons notre présentation par une discussion des projections du GIEC concernant la température et les vagues de chaleur.

### Références bibliographiques

♦ Vautard, R. et coll.

Air quality in Europe during the summer of 2003 as a prototype of air quality in a warmer climate  
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Geosciences ; 339 : 747-763 ; 2007

♦ Schär, C. et coll.

[The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves](#)

Nature ; 427 : 332-336 ; 22 janvier 2004

♦ Solberg, S., et coll.

[European surface ozone in the extreme summer 2003](#)

Journal of Geophysical Research ; 113 ; 2008

### Pollution atmosphérique et écosystèmes

**Pierre Cellier (Directeur de l'UMR Environnement et Grandes Cultures, INRA Grignon)**

Comme pour la santé humaine, la pollution atmosphérique est ressentie comme une menace pour les écosystèmes, mais son importance n'est pas toujours directement apparente et est difficile à quantifier.

Les **polluants atmosphériques** peuvent en effet affecter les plantes à différents niveaux dans leur fonctionnement. On distinguera les effets directs, induits par une absorption du polluant par la plante ou un dépôt sur sa cuticule, et les effets indirects liés à une modification du milieu dans lequel la plante se développe, sol ou atmosphère. En outre, l'impact de la pollution sur le fonctionnement des écosystèmes est souvent localisé, mais peut concerner des grandes étendues à l'échelle régionale, voire continentale. Les échelles de temps concernées vont de l'épisode de pollution (quelques jours) jusqu'à des échelles pluriannuelles. Les impacts peuvent se résumer en trois catégories : l'ozone, les dépôts atmosphériques et les aérosols.

L'**ozone** peut modifier profondément le fonctionnement de la plante, en particulier la photosynthèse et la régulation stomatique. C'est un effet direct lié à l'absorption stomatique de l'ozone par la plante et aux dégradations biochimiques au sein des cellules de la feuille dues au pouvoir oxydant de l'ozone. Même si la plante est capable de « détoxifier » une partie de l'ozone absorbé, cet effet peut être très significatif dans les zones exposées à de forts pics d'ozone.

Les **dépôts atmosphériques** constituent un apport de nutriments très significatif pour de nombreux écosystèmes, en particulier les forêts et les écosystèmes naturels. Si ces apports peuvent avoir des effets positifs, ils risquent souvent de modifier profondément les écosystèmes et leur fonctionnement, d'une part par des modifications induites au niveau du sol (acidification), d'autre part en changeant les conditions de compétition entre espèces végétales et microbiennes et donc la nature même de l'écosystème. Ces impacts concernent une grande partie des écosystèmes en Europe.

Les impacts des **particules** sont multiformes. Ils commencent par une modification quantitative et qualitative du rayonnement qui peut, dans certaines régions, modifier sensiblement la photosynthèse, donc la production végétale, et l'évapotranspiration. D'autres effets passent par une modification de la pluviométrie à l'échelle régionale via la multiplication des noyaux de condensation mais aussi, dans des cas extrêmes, par une modification des régimes de circulation.

A l'inverse, les **écosystèmes** jouent un rôle majeur dans le cycle atmosphérique des polluants, comme sources de composés gazeux et de particules, mais aussi de précurseurs. Ce sont aussi des puits majeurs pour de nombreux polluants. Les processus d'émission et de dépôts dépendent de nombreux déterminants physiques, chimiques et biologiques au niveau des écosystèmes et de la basse atmosphère.

### Impact des vagues de chaleur et de la pollution urbaine sur la santé

**Sophie Larrieu (Epidémiologiste à l'Institut National de Veille Sanitaire, Saint-Maurice)**

La France a connu en Août 2003 une vague de chaleur d'une rare intensité, durant laquelle les concentrations atmosphériques en ozone ont également atteint des niveaux exceptionnels. L'ozone étant un polluant connu pour ses effets néfastes sur la santé, une étude a été menée afin de déterminer la part des décès attribuables à l'ozone parmi l'excès de décès survenu durant cette vague de chaleur dans neuf agglomérations françaises participant au programme de surveillance air et santé (Psas) de l'Institut de veille sanitaire. Les résultats ont montré que la part de l'ozone dans l'effet conjoint des deux facteurs était minoritaire à Paris, Lyon, Bordeaux et Rouen, prépondérante à Strasbourg et Toulouse, et comparable à la part de la température au Havre, à Marseille et à Lille. Sur l'ensemble des neuf agglomérations, près de 500 décès survenus durant la vague de chaleur seraient attribuables à l'exposition à l'ozone.

### Références bibliographiques

♦ Fouillet A, Rey G, Laurent F, Pavillon G, Bellec S, Guihenneuc-Jouyau C, Clavel J, Jouglu E, Hémond D.

[Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France](#)

Int Arch Occup Environ Health ; 80(1):16-24 ; Octobre 2006

♦ Filleul L, Cassadou S, Médina S, Fabres P, Lefranc A, Eilstein D, Le Tertre A, Pascal L, Chardon B, Blanchard M, Declercq C, Jusot JF, Prouvost H, Ledrans M.

[The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003](#)

Environmental Health Perspectives ; 114(9):1344-7 ; Septembre 2006

♦ [Programme de surveillance air et santé : Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises](#)

Institut de veille sanitaire ; 2008

♦ [Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises](#)

Institut de veille sanitaire ; 2004

## Management de la qualité de l'air : stratégie européenne et internationale

**Laurence Rouil (Responsable du pôle Modélisation environnementale et décision, INERIS)**

D'un point de vue réglementaire, les politiques liées à la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et du réchauffement climatique, et celles associées à la gestion de la qualité de l'air (plafonds d'émission de polluants atmosphériques, surveillance) sont généralement définies, négociées et appliquées de manière indépendante. Ce n'est que très récemment, en 2005, que la « Stratégie Thématique européenne pour la pollution atmosphérique » a émis des recommandations sur l'intérêt de considérer de manière approfondie les possibles synergies et les éventuels antagonismes entre les politiques de gestion de la qualité de l'air et du changement climatique. Ainsi des simulations réalisées par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) ont montré l'effet bénéfique de politiques combinées, du point de vue des coûts de gestion et des effets. Par exemple, il est acquis que des réductions globales des émissions de méthane peuvent contribuer à réduire de manière significative les niveaux de fond d'ozone. Les mesures d'efficacité énergétique contribuant à réduire les émissions d'oxydes d'azote ou de particules doivent également être développées. De manière similaire il est aussi important d'identifier les mesures qui pourraient avoir des effets contraires : par exemple, le développement de la combustion du bois présente un intérêt fort pour lutter contre le changement climatique, mais contribue à augmenter les émissions de particules atmosphériques toxiques pour la santé.

Les futures politiques européennes et nationales intégreront cette dualité et de nombreux travaux scientifiques sont actuellement menés pour établir les meilleurs compromis. L'état des travaux en cours sur ce sujet fait l'objet de la présentation proposée.

### Référence bibliographique :

#### ♦ [Air Quality and climate change : a UK perspective](#)

Air Quality Expert Group, Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK ; Mars 2007

### Sites web :

- ♦ L'INERIS et la qualité de l'air : [http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id\\_heading\\_object=%20145](http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=%20145)
- ♦ International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) est un organisme de recherche international qui conduit des études scientifiques interdisciplinaires sur les questions environnementales, économiques, technologiques et sociales dans le contexte du changement global. Un programme de recherche sur la pollution atmosphérique y est mené : <http://www.iiasa.ac.at/rains/>
- ♦ La qualité de l'air du côté de la Commission Européenne : [http://ec.europa.eu/environment/air/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm)

## Gestion opérationnelle de la qualité de l'air

**Philippe Lameloise (Directeur d'Airparif, Paris)**

Airparif (<http://www.airparif.asso.fr>) est la structure en charge de la mesure, de l'évaluation et de la prévision de la qualité de l'air en Ile-de-France, et doit assurer la diffusion de l'ensemble de ces informations. Pour mener à bien cette mission, elle regroupe l'ensemble des acteurs concernés par cette question au niveau local (Etat, collectivités territoriales, industries et secteur des transports, associations de protection de l'environnement). Concrètement, Airparif compare les résultats de ses mesures *in situ* aux critères réglementaires de qualité de l'air afin de juger du respect de ceux-ci. Ces critères portent à la fois sur les niveaux chroniques et sur les niveaux maximaux pour les différents polluants. C'est dans ce cadre qu'Airparif participe, sous l'autorité du préfet de police, à la procédure d'information et d'alerte en cas d'épisode de pollution en établissant chaque jour la prévision des risques de dépassement des seuils d'alerte pour le lendemain.

Si les émissions de polluants par les activités humaines constituent la cause majeure de pollution de l'air au niveau local, cette dernière évolue en fonction des conditions climatiques, l'atmosphère étant selon les cas plus ou moins dispersive (stabilité et vent) et plus ou moins active en matière de transformation chimique des polluants (température et ensoleillement). Il est donc clair que le changement climatique déjà observé et prévu par les modèles agira sur la qualité de l'air au niveau local tant par l'augmentation chronique de l'ensoleillement et des températures que, et surtout, par la modification de l'occurrence de situations extrêmes de grande stabilité, de fort ensoleillement ou de températures élevées (canicules) pouvant conduire à des épisodes intenses de pollution. On peut donc craindre, à émissions constantes, une augmentation de la fréquence des épisodes de forte pollution par l'ozone et les particules. Par ailleurs, le changement climatique peut avoir des conséquences indirectes sur le niveau d'autres polluants réglementés. Ainsi le niveau de dioxyde d'azote à proximité du trafic reste stable contrairement aux prévisions de décroissance des années précédentes du fait, notamment, de l'augmentation des niveaux moyens d'ozone en ville. Enfin, il est important d'entreprendre des actions correctives dans une vision prenant en compte à la fois les bénéfices pour le changement climatique et les conséquences en terme de qualité de l'air locale. Autant toute action d'économie d'énergie est positive pour les deux aspects autant il faut être vigilant sur les conséquences des substitutions de combustibles ou de carburants (biomasse ou agrocultures) en matière de pollution locale.