



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

EB.AIR/GE.1/2003/7
27 juin 2003

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE
ORGANE EXÉCUTIF DE LA CONVENTION SUR LA
POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTIÈRE
À LONGUE DISTANCE

Organe directeur du Programme concerté de surveillance
continue et d'évaluation du transport à longue distance
des polluants atmosphériques en Europe (EMEP)

(Vingt-septième session, Genève, 8-10 septembre 2003)
Point 4 h) de l'ordre du jour provisoire

**POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE À L'ÉCHELLE DE L'HÉMISPHERE:
TENDANCES ET TRANSPORT INTERCONTINENTAL DES
PHOTO-OXYDANTS, DES PARTICULES ET DE LEURS PRÉCURSEURS
À TRAVERS L'HÉMISPHERE NORD (OBSERVATIONS, MODÈLES
ET INCIDENCES SUR LES POLITIQUES)**

Compte rendu de l'atelier

Introduction

1. Une centaine de spécialistes de l'atmosphère et de responsables de la politique de l'environnement de 20 pays d'Asie, d'Europe et d'Amérique du Nord se sont réunis du 7 au 9 octobre 2002, à Bad Breisig (Allemagne), afin de faire le point des connaissances concernant le transport de polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère. Cet atelier a rassemblé des chercheurs et des experts gouvernementaux spécialisés dans l'étude de la qualité de l'air, à l'échelon mondial et régional, et des membres de la communauté internationale des

Les documents établis sous les auspices ou à la demande de l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance aux fins d'une distribution GÉNÉRALE doivent être considérés comme provisoires tant qu'ils n'ont pas été APPROUVÉS par l'Organe exécutif.

spécialistes de l'environnement. Cet atelier a été accueilli par l'Université de Wuppertal (Allemagne) et organisé par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement, avec le soutien de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis. Il a été organisé dans le cadre du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP), comme le prévoit la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance.

2. Des informations plus complètes, documents et exposés notamment, peuvent être consultés sur le site Web suivant:

http://www.physchem.uni.wuppertal.de/PC-WWW_Site/Bad_Breisig/breisig_WS1.html

I. RAPPEL DES FAITS

3. Cet atelier est le troisième d'une série de réunions internationales exclusivement consacrées au transport intercontinental de polluants atmosphériques. Les deux premières réunions, qui ont porté sur le transport des polluants à travers le Pacifique et à travers l'Atlantique, étaient respectivement:

- La première conférence internationale sur le transport des contaminants atmosphériques à travers le Pacifique, tenue à Seattle, en juillet 2000 [voir Wilkening, K.E., L.A. Barrie, et M. Engle. *Science*, 290:65-67 (2000)];
- L'atelier de l'EMEP sur le transport de photo-oxydants, de particules fines et de brumes à travers l'Arctique et l'Atlantique Nord: données d'observations et modèles, qui s'est tenu à Palisades, New York, en juin 2001 (EB.AIR/GE.1/2001/11, se reporter également à l'adresse <http://www.ciesin.columbia.edu/pph>).

Ce troisième atelier visait à rassembler des experts de divers pays de l'hémisphère Nord pour étudier la nature du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère et les relations source-récepteur entre l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie.

II. OBJECTIFS

4. Cet atelier avait pour principal objectif de répondre aux questions scientifiques fondamentales ci-après:

- a) Disposons-nous des outils et des données nécessaires pour évaluer quantitativement les relations source-récepteur des polluants atmosphériques (principalement l'ozone et ses précurseurs, les particules fines et leurs précurseurs ainsi que le mercure) à travers l'Atlantique Nord, le Pacifique Nord et l'Arctique, et aussi entre l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Europe?
- b) Quelles sont les principales incertitudes dans ces relations source-récepteur?
- c) Quels types d'activités de recherche pourraient contribuer à réduire ces incertitudes?
- d) Quelle est l'importance des liens entre ces problèmes de pollution atmosphérique à l'échelle de l'hémisphère et les changements climatiques pour la politique à mener en matière de pollution atmosphérique à l'avenir?

e) Dans la poursuite de ces activités de recherche, quel rôle pourraient jouer l'EMEP, le Projet EUREKA relatif au transport et à la transformation chimique dans la troposphère au-dessus de l'Europe de constituants traces importants pour l'environnement (EUROTRAC), le Programme international d'étude de la chimie et de l'atmosphère du globe (IGAC), la North American Research Strategy for Tropospheric Ozone (NARSTO), le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (AMAP), les programmes de recherche de la Commission européenne, etc.?

III. EXPOSÉS SCIENTIFIQUES

5. Plus de 30 exposés oraux ont été présentés pendant l'atelier. Ces exposés ont porté sur les résultats des recherches effectuées dans le cadre de programmes de surveillance à long terme, de campagnes intensives sur le terrain et de travaux de modélisation à l'échelle de la région, de l'hémisphère et de la planète. On trouvera dans le tableau 1 une liste de ces exposés, dans l'ordre chronologique de leur présentation.

6. L'atelier s'est achevé par un examen des retombées possibles des résultats des recherches qui avaient été présentés et des travaux de recherche qu'il restait à entreprendre.

IV. CONCLUSIONS

A. Importance du transport intercontinental et à l'échelle de l'hémisphère

7. Les émissions actuelles engendrent des niveaux de pollution qui excèdent les objectifs fixés en matière de qualité de l'air pour divers lieux dans tout l'hémisphère Nord. Si les émissions locales ou régionales et l'état de l'environnement sont responsables dans la plupart des cas de ces dépassements, la qualité de l'air est également influencée par les émissions, le transport et les processus de transformation à l'échelle intercontinentale et à l'échelle de l'hémisphère.

8. Le transport intercontinental et à l'échelle de l'hémisphère de l'ozone, des particules et de leurs précurseurs, ainsi que du mercure et des polluants organiques persistants a été clairement établi.

B. Mécanismes du transport intercontinental et à l'échelle de l'hémisphère

9. Les émissions provenant d'un continent peuvent influencer la qualité de l'air dans un autre continent sous l'effet d'une augmentation de la charge globale de polluants à l'échelle de l'hémisphère et de flux épisodiques discrets de plus grandes quantités de polluants. L'incidence de ces flux épisodiques sur la qualité de l'air au niveau régional varie en fonction du lieu, de la saison et du polluant en cause.

10. Les épisodes de transport intercontinental peuvent entraîner: a) une advection dans la couche limite; ou b) une remontée dans la troposphère libre due à une convection profonde, à des phénomènes d'ascension orographique et, en particulier, à des situations météorologiques à l'échelle synoptique (par exemple le déplacement de masses chaudes).

11. Les mécanismes les plus importants par le jeu desquels un continent en influence un autre peuvent varier. De l'Asie vers l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Nord vers l'Europe,

le transport dans la troposphère libre semble jouer un rôle plus important que le transport dans la couche limite. Entre l'Europe et l'Asie, il se peut que le transport dans la couche limite et l'ascension orographique soient les plus importants.

12. Pour l'ozone, les concentrations moyennes dans la basse atmosphère sont influencées par le transport de l'ozone et de ses précurseurs à l'échelle de l'hémisphère qui entraîne une augmentation globale de la charge de pollution à l'échelle de l'hémisphère dans la troposphère. Cette augmentation moyenne de la charge à l'échelle de l'hémisphère semble avoir un effet plus important que les épisodes discrets de transport intercontinental.

13. Pour les aérosols et leurs précurseurs, les flux épisodiques semblent être particulièrement importants pour le transport intercontinental. La répartition spatiale des aérosols est plus hétérogène que celle de l'ozone, ce qui est dû principalement à la nature épisodique des phénomènes d'émissions importantes, mais aussi à leur élimination par dépôt humide. Compte tenu de cette hétérogénéité, il se peut que le transport des aérosols fasse davantage augmenter la charge de pollution à l'échelle régionale qu'à l'échelle de l'hémisphère.

14. Pour le mercure, sa migration dans la troposphère libre contribue à la constitution d'une réserve de mercure élémentaire à l'échelle de l'hémisphère ou à l'échelle du globe. Les mécanismes de rejet de mercure sont plus étroitement liés aux caractéristiques des émissions et des précipitations qu'aux épisodes de transport. La contribution du transport intercontinental aux rejets annuels de mercure varie d'un continent à l'autre. Selon les études de modélisation, la part relative des sources d'émissions sur d'autres continents dans les rejets annuels de mercure est la plus importante pour l'Amérique du Nord, elle est moins importante en Europe et c'est en Asie qu'elle est la plus faible, principalement en raison de la répartition spatiale des émissions.

C. Modélisation du transport intercontinental et à l'échelle de l'hémisphère

15. Compte tenu du caractère non linéaire et de la complexité du système atmosphérique, il est nécessaire de simuler des stratégies de contrôle en utilisant des modèles prévisionnels. Dans l'idéal, cette simulation devrait être réalisée à l'aide d'un système intégré de modèles capables d'établir des correspondances entre l'échelle locale, l'échelle régionale et l'échelle de l'hémisphère.

16. Les modèles de transport à l'échelle de l'hémisphère dont nous disposons actuellement donnent des représentations crédibles des caractéristiques générales observées dans les répartitions de l'ozone et des aérosols. Toutefois, la simulation d'épisodes spécifiques de transport intercontinental dépasse les capacités des modèles actuels et nous ne disposons pas des données d'observation nécessaires pour vérifier quels sont les effets anthropiques à l'échelle de l'hémisphère pendant les épisodes spécifiques simulés par les modèles.

17. La modélisation de ces cheminements a permis d'établir diverses estimations de la contribution relative du transport intercontinental aux concentrations d'ozone et d'aérosols dans la basse atmosphère et aux rejets de mercure. Des estimations tirées d'études récentes concernant l'ozone, les aérosols et le mercure sont présentées dans les tableaux 2 a), b) et c), respectivement. Ces estimations sont très incertaines en raison du caractère non linéaire et de l'interaction des nombreux processus physiques et chimiques différents en jeu, des incertitudes qui entachent les

hypothèses nécessaires à la modélisation, telles que l'ampleur des émissions, et de l'insuffisance des observations appropriées pour évaluer pleinement les performances des modèles.

18. Les estimations des effets à l'échelle intercontinentale montrent qu'il est nécessaire de mettre en place des mesures pour réguler ces flux, mais elles ne sont pas suffisantes pour évaluer l'impact de nouvelles stratégies de contrôle.

D. Conséquences pour l'avenir

19. Les émissions de précurseurs de l'ozone provenant d'Asie, d'Amérique du Nord et d'Europe ont plus que doublé depuis l'ère préindustrielle. Il en résulte que la charge d'ozone à l'échelle de l'hémisphère a augmenté de 50 % à 100 % par rapport aux niveaux antérieurs. D'après les observations, des problèmes de pollution atmosphérique au niveau local continuent de se poser en Amérique du Nord, en Europe et en Asie et la charge de pollution à l'échelle de l'hémisphère ne cesse d'augmenter. Toute nouvelle augmentation des émissions dans l'hémisphère Nord aggravera le dépassement des objectifs fixés en matière de qualité de l'air. Les augmentations des émissions dans les tropiques pourraient avoir des effets plus importants que celles des émissions aux latitudes moyennes car il est possible que les conditions climatiques dans les régions tropicales favorisent la formation d'une quantité d'ozone encore plus grande par unité d'émissions. L'accumulation constante de méthane contribuera également à la hausse des niveaux de l'ozone.

20. Pour les aérosols, les principaux facteurs responsables des pointes dans le transport intercontinental sont les grands incendies de forêts et les tempêtes de poussière. Il est probable que des changements interviendront dans la fréquence de ces phénomènes à l'avenir sous l'effet des changements climatiques, de l'utilisation des sols et des activités humaines.

La désertification, l'érosion des terres agricoles et l'accumulation de la biomasse dans les forêts boréales sont particulièrement préoccupantes. Bien que les aérosols associés à d'autres activités anthropiques ne soient pas les principaux responsables des pointes de pollution, leur transport intercontinental a été observé.

V. RECOMMANDATIONS POUR LES TRAVAUX DE RECHERCHE FUTURS

21. Les participants à l'atelier de Palisades en 2001 ont estimé qu'il convenait, afin de mieux comprendre le transport intercontinental des polluants atmosphériques dans l'hémisphère Nord, d'envisager de façon systématique l'évaluation des modèles, la surveillance à long terme, la réalisation de campagnes d'observation intensive et l'établissement d'un inventaire des émissions. Ils ont estimé, par ailleurs, qu'il importait de mieux comprendre les liens entre l'évolution de la qualité de l'air à l'échelle régionale et mondiale, d'une part, et les changements climatiques et la variabilité du climat, d'autre part. La communication entre les diverses communautés scientifiques qui s'occupent de ces questions pourrait être améliorée. S'appuyant sur ces recommandations, les participants à l'atelier de Bad Breisig en 2002 ont jugé que les domaines de recherche ci-après étaient prioritaires:

a) La mise en place et l'exploitation de réseaux d'observation à l'échelle mondiale, faisant appel à de multiples technologies et plates-formes de mesure, notamment:

i) Des sites d'observation en surface très complets;

- ii) Les systèmes de télédétection installés sur des satellites ou au sol qui évoluent rapidement;
 - iii) Des avions de ligne et des avions de recherche équipés d'instruments;
- b) L'amélioration des inventaires des émissions, en particulier pour les sources biogéniques et la simulation des tendances passées;
- c) L'élaboration de modèles couplés ou imbriqués capables de simuler le transport et les transformations à toutes les échelles spatiales, locale, régionale ou mondiale;
- d) La mise au point de techniques permettant de gérer, analyser et synthétiser les diverses catégories d'informations provenant de sources et de disciplines multiples (par exemple, activité source, émissions, météorologie, observations au sol, aériennes et par satellite, modèles prédictifs);
- e) L'encouragement de la communication et de la collaboration interdisciplinaires entre les différentes communautés scientifiques qui travaillent sur l'ozone, les aérosols, le mercure et les changements climatiques de manière à tirer un profit maximal des échanges entre chercheurs et à utiliser au mieux des ressources limitées.

Tableau 1. Exposés scientifiques

Titre de l'exposé	Intervenant et établissement d'origine
Scénarios d'émission à l'échelle de l'hémisphère	Markus Amann IIASA, Laxenburg (Autriche)
Expérimentation de modèles globaux de transport intercontinental de polluants utilisant des observations aériennes et par satellite	Daniel Jacob Université Harvard (États-Unis)
Transport intercontinental de polluants: flux arrivant sur la côte ouest et flux partant de la côte est de l'Amérique du Nord	David Parrish NOAA, Boulder (États-Unis)
Transport à longue distance de polluants à travers le Pacifique Nord: ce que nous apprennent les expériences récentes réalisées sur le terrain	Greg Carmichael Université de l'Iowa (États-Unis)
Tendances de l'ozone troposphérique en Asie de l'Est et en Europe: influence des émissions régionales et du transport intercontinental	Hajime Akimoto IGCR, Yokohama (Japon)
Calcul de l'importance relative du transport à l'échelle de l'hémisphère dans les tendances des niveaux d'ozone troposphérique en Europe au cours des deux dernières décennies	Jan Eiof Jonson Institut météorologique norvégien, Blindern (Norvège)
Résultats des principales activités du Réseau de surveillance des dépôts acides en Asie de l'Est (EANET)	Tsumugu Totsuka Centre de recherche sur les dépôts acides et les oxydants, Niigata (Japon)
La concentration d'ozone troposphérique dans l'île d'Okinawa fortement exposée à des hautes pressions océaniques	Kentaro Murano NIES, Okinawa (Japon)
Épisodes et climatologie de l'ozone et étude des mécanismes de transport à partir des données de surveillance et des statistiques sur les trajectoires de l'EMEP	Michael Kahnert EMEP, Centre de coordination pour les questions chimiques
Caractérisation chimique des zones de dispersion de polluants d'origine nord-américaine en Europe et climatologies sur 15 ans du déplacement de masses chaudes à l'échelle du globe	Caroline Forster Université technique de Munich (Allemagne)
Étude climatologique du transport de l'ozone pour la côte ouest de l'Amérique du Nord: influence des régions sources en Asie et dans la stratosphère	Owen Cooper Université de Virginie (États-Unis)

Titre de l'exposé**Intervenant et établissement d'origine**

régions sources en Asie et dans la stratosphère

Pollution par l'ozone et les aérosols à l'échelle régionale en Chine

Yuanhang Zhang
Université de Pékin (Chine)

Transport de polluants entre l'Amérique du Nord et l'Europe

Thomas Trickl
IMK-IFU Garmisch-Partenkirchen
(Allemagne)

Rôle de l'EMEP et d'autres programmes internationaux dans l'étude du transport de substances toxiques à l'échelle de l'hémisphère

Sergey Dutchak
EMEP, Centre de synthèse
météorologique-Est

Modélisation globale à l'échelle de l'hémisphère Nord de l'ozone troposphérique

Jos Lelieveld
MPI Mayence (Allemagne)

Le transport intercontinental et la contribution des mesures de contrôle des émissions à l'échelle du globe aux teneurs en ozone en Europe

Richard Derwent
MET.Office (Royaume-Uni)

Un exemple de modélisation globale du transport à longue distance de polluants atmosphériques

Martin Schultz
MPI de météorologie,
Hambourg (Allemagne)

Facteurs régulant le cycle saisonnier du transport intercontinental de polluants atmosphériques entre l'Asie, les États-Unis et l'Europe

Denise Mauzerall
Université Princeton (États-Unis)

Caractérisation des aérosols présents dans les poussières du sol en Chine et de leur transport/répartition en 2001 – Simulation et validation à l'aide du modèle ACE-Asia

Sunling Gong
Service météorologique,
Toronto (Canada)

Simulation numérique du transport à longue distance de sable jaune observé en avril 1998 en Corée

Soon-Ung Park
Université de Séoul (Rép. de Corée)

Profils atmosphériques et océaniques globaux pour l'établissement de prévisions météorologiques et climatiques

Adrian F. Tuck
NOAA, Boulder, Colorado (États-Unis)

Le modèle eulérien de l'EMEP et la pollution atmosphérique à l'échelle de l'hémisphère: analyse initiale du caractère non linéaire des relations source-récepteur

Leonor Tarrasón
EMEP, Centre de synthèse
météorologique-Ouest

Transport intercontinental et effets sur le climat des polluants atmosphériques (ICAP): essai de

Carey Jang
U.S. EPA, Research Triangle Park

Titre de l'exposé	Intervenant et établissement d'origine
modélisation de l'USEPA	(États-Unis)
Effets indirects de la pollution atmosphérique à l'échelle du globe: méthane et ozone troposphérique	Michael Prather UC Irvine, Californie (États-Unis)
Liens entre pollution par l'ozone et changements climatiques: pourquoi il faut réduire les émissions de méthane	Arlene Fiore Université Harvard (États-Unis)
Transport atmosphérique de mercure dans l'hémisphère Nord	Gerhard Petersen GKSS Geesthacht (Allemagne)
Transport intercontinental de mercure dans l'hémisphère Nord	Oleg Travnikov EMEP, Centre de synthèse météorologique-Est
Mesures de l'ozone, de la vapeur d'eau, du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote par un avion Airbus en service (MOZAIC)	Andreas Volz-Thomas Centre de recherche de Jülich (Allemagne)
Observations d'une pollution atmosphérique à grande échelle et de son transport à longue distance en utilisant les avions de ligne européens (CARIBIC)	Franz Slemr MPI Mayence (Allemagne)
Transport d'un hémisphère à l'autre en Asie du Sud: enseignements apportés par INDOEX	Russell Dickerson Université du Maryland (États-Unis)
Importance du transport vertical en ce qui concerne les flux de polluants provenant des continents	André S.H. Prévot Institut Paul Scherrer (Suisse)
Mesures globales de l'ozone troposphérique effectuées à l'aide de l'instrument TOMS	Alexander Frolov Université du Maryland (États-Unis)
Outils faisant appel à l'observation pour la caractérisation des aérosols à l'échelle globale/locale	Rudolf Husar Université Washington, St Louis (États-Unis)
Critères de surveillance pour l'étude du transport intercontinental de la pollution atmosphérique	Oystein Hov EMEP, Centre de coordination pour les questions chimiques

Tableau 2 a). Estimations de l'augmentation¹ de l'ozone troposphérique aux latitudes moyennes dans l'hémisphère Nord due au transport intercontinental de polluants

Région source	Région réceptrice	Augmentation d'O ₃ (ppmv) ²	Méthode d'estimation	Référence
Asie	Nord-est des États-Unis, printemps	4 (moyenne), 7,5 (maxi)	Simulation de sensibilité sans émissions anthropiques provenant de la région source	Berntsen <i>et al.</i> (1999)
Asie	Ouest des États-Unis, printemps	3-10 (fourchette pendant les épisodes de pollution en Asie)	Simulation de sensibilité sans émissions troposphériques provenant de la région source	Yienger <i>et al.</i> (2000)
Asie	Europe, États-Unis	1,0 (États-Unis), 0,8 (Europe)	Augmentations moyennes annuelles obtenues à partir de simulations de sensibilité supposant des augmentations de 10 % des émissions provenant de la région source; les résultats ont été multipliés par 10 pour estimer l'effet total des émissions anthropiques actuelles provenant du continent source	Wild et Akimoto (2001)
Europe	Asie, États-Unis	1,1 (Asie), 0,9 (États-Unis)		
États-Unis	Europe, Asie	2,0 (Europe), 0,8 (Asie)		
Asie et Europe	États-Unis, été	4-7 (écart normal de valeur l'après-midi), 14 (maxi)	Simulation de sensibilité sans émissions anthropiques de NO _x et de NMVOC provenant de la région source	Fiore <i>et al.</i> (2002a)

¹ Toutes les estimations sont tirées de modèles tridimensionnels à l'échelle mondiale, sauf pour Derwent *et al.* (1998), Lin *et al.* (2002) et Parrish (2002).

² Parties par 10⁹ en volume.

Région source	Région réceptrice	Augmentation d'O ₃ (ppmv) ²	Méthode d'estimation	Référence
Europe	Asie de l'Est, printemps	3 (moyenne diurne)	Ibid.	Liu <i>et al.</i> (2002)
Amérique du Nord	Europe, été	2-4 (moyenne diurne), 5-10 (épisodes)	Ibid.	Li <i>et al.</i> (2002)
Amérique du Nord	Mace Head (Irlande)	0,4 (hiver), 0,2 (printemps), -0,3 (été), -0,9 (automne)	Différence moyenne observée dans les concentrations de O ₃ de 1990 à 1994 entre les masses d'air provenant des États-Unis et du Canada et celles provenant d'Islande et du Groenland	Derwent <i>et al.</i> (1998)
Amérique du Nord	Europe, moyenne annuelle	18 (bordures atlantiques), 10-15 (Europe centrale)	Ozone produit dans la colonne troposphérique au-dessus de la région source	Derwent <i>et al.</i> (2002)
Asie	Europe, moyenne annuelle	9 (bordures atlantiques), 5-7 (Europe centrale)		
Concentration de fond (méthane anthropique)	États-Unis, été	6 (moyenne de l'après-midi)	Simulation de sensibilité en supposant une réduction globale de 50 % des émissions anthropiques de CH ₄ ; les augmentations de O ₃ obtenues avec cette simulation ont été doublées afin d'estimer l'augmentation totale de CH ₄ anthropique	Fiore <i>et al.</i> (2002b)

Région source	Région réceptrice	Augmentation d'O ₃ (ppmv) ²	Méthode d'estimation	Référence
Concentration de fond (1980-1998)	États-Unis	3-5 (printemps, automne)	Tendance observée de la distribution de fréquence de O ₃ dans des sites ruraux	Lin <i>et al.</i> (2000)
Concentration de fond (1984-2002)	Côte ouest des États-Unis	10	Tendance observée sur des sites de surface et lors de missions d'observation aérienne (1984-2002)	Parrish (2002)
Asie (prévision)	États-Unis	2-6 (ouest des États-Unis), 1-3 (est des États-Unis), valeur la plus élevée en avril-juin	Simulation de sensibilité faite en triplant les émissions de NO _x et de NMVOC provenant d'Asie	Jacob <i>et al.</i> (1999)
Asie (prévision)	Ouest des États-Unis, printemps	30-40 (maxi pendant les épisodes de pollution en Asie)	Simulation de sensibilité obtenue en quadruplant les émissions provenant d'Asie	Yienger <i>et al.</i> (2000)

Tableau 2 b). Estimations de l'augmentation¹ des aérosols troposphériques aux latitudes moyennes dans l'hémisphère Nord due au transport intercontinental de polluants

Région source	Région réceptrice	Type d'aérosol	Augmentation des aérosols ($\mu\text{g m}^{-3}$ sauf indication contraire)	Méthode d'estimation	Référence
Asie (moyenne)	Moyennes annuelles États-Unis	Carbone organique	0,013 (ouest des États-Unis) 0,007 (est des États-Unis)	Simulation de sensibilité sans émissions anthropiques provenant de la région source	Park <i>et al.</i> (2002)
		Carbone élémentaire	0,005 (ouest des États-Unis) 0,003 (est des États-Unis)		
Asie (épisodes)	Nord-ouest des États-Unis, printemps 1997	Tous	~ 200 particules cm^3	Augmentations observées à l'observatoire de Cheeka Peak dans les masses d'air venant d'Asie	Jaffe <i>et al.</i> (1999)
Asie (tempête de poussière)	Ouest des États-Unis, avril 1998	Tous	40-63 (PM_{10}^2), 4-11 ($\text{PM}_{2,5}^2$)	Augmentations observées dans un certain nombre de stations de surveillance	Husar <i>et al.</i> (2001); Vaughan <i>et al.</i> (2001)
Asie (tempête de poussière)	Lower Fraser Valley, Colombie britannique, Canada, avril 1998	Tous	18-26 (PM_{10}^2)	Classement en fonction de la composition élémentaire dans un certain nombre de stations de surveillance	McKendry <i>et al.</i> (2001)

¹ Toutes les estimations ont été effectuées à partir d'observations, sauf pour Park *et al.* (2002).

² PM, matières particulaires d'un diamètre inférieur à $2,5\mu$ ($\text{PM}_{2,5}$) ou inférieur à 10μ (PM_{10})

Région source	Région réceptrice	Type d'aérosol	Augmentation des aérosols ($\mu\text{g m}^{-3}$ sauf indication contraire)	Méthode d'estimation	Référence
Asie (tempête de poussière)	Nord-ouest des États-Unis, avril 1993	Tous	4-9 (PM_{10}^2)	Augmentations observées dans trois stations de surveillance	Jaffe <i>et al.</i> (2002)
		Carbone organique	0,4-0,7		
		Carbone élémentaire	0,03-0,01		
Sahara (moyenne)	Floride, États-Unis	Poussières minérales	0,8-16,3 (moyenne mensuelle, maxi en juillet) 10-100 (maximum journalier pendant les épisodes de pollution en été)	Observations à long terme faites à Miami	Prospero <i>et al.</i> (1999)
Sahara (moyenne)	Est des États-Unis (à l'est de 106° de longitude ouest)	Poussières minérales	1 (moyenne annuelle) 4-8 (juillet)	Classement en fonction des ratios Al/Si dans les stations de surveillance	Husar (2002)
Sahara (tempête de poussière)	Israël, mars 1998	Tous	1000-1900 (PM_{10}^2)	Observations faites à Tel Aviv	Alpert et Ganor (2001)

Tableau 2 c). Contribution estimative du transport intercontinental aux rejets de mercure dans l'hémisphère Nord

Région réceptrice	Région source	Rejets de mercure, tonnes/an	Méthode d'estimation	Référence
Europe	Amérique du Nord	5,4 (4 %)	Modélisation à l'échelle de l'hémisphère (modèle eulérien tridimensionnel). Le chiffre en pourcentage indique la fraction du total des rejets annuels dans la région réceptrice qui provient de sources anthropiques globales.	Travnikov et Ryaboshapko (2002)
	Russie asiatique	3,8 (3%)		
	Asie de l'Ouest, Asie centrale et Asie du Sud-Est	6,2 (5 %)		
	Asie de l'Est, Asie du Sud-Est	9,3 (7 %)		
Amérique du Nord	Europe	25,7 (18 %)		
	Russie asiatique	6,6 (5 %)		
	Asie de l'Ouest, Asie centrale et Asie du Sud	9,1 (6 %)		
	Asie de l'Est et Asie du Sud-Est	26,9 (19 %)		
Russie asiatique	Europe	20,4 (31 %)		
	Amérique du Nord	5,1 (8 %)		
	Asie de l'Ouest, Asie centrale et Asie du Sud	7,9 (12 %)		
	Asie de l'Est et Asie du Sud-Est	15,9 (24 %)		
Asie de l'Ouest, Asie centrale et Asie du Sud	Europe	15,6 (13 %)		
	Amérique du Nord	3,8 (3 %)		
	Russie asiatique	4,2 (4 %)		
	Asie de l'Est et Asie du Sud-Est	7,6 (6 %)		
Asie de l'Est et Asie du Sud-Est	Europe	11,7 (5 %)		
	Amérique du Nord	3,8 (1 %)		
	Russie asiatique	3,2 (1 %)		
	Asie de l'Ouest, Asie centrale et Asie du Sud	14,1 (5 %)		

Région réceptrice	Région source	Rejets de mercure, tonnes/an	Méthode d'estimation	Référence
État de New York (États-Unis)	Asie	30 %	Modélisation à l'échelle du globe. Le chiffre en pourcentage indique la fraction du total des rejets annuels dans la région réceptrice qui provient de sources anthropiques globales.	Seigneur <i>et al.</i> (2002)
	Europe	14 %		
	Amérique du Sud	4 %		
	Afrique	2 %		

Références

- Alpert, P. and E. Ganor, Sahara mineral dust measurements from TOMS: Comparison to surface observations over the Middle East for the extreme dust storm, March 14-17, 1998, *J. Geophys. Res.*, 106, 18,275-18,286, 2001.
- Berntsen, T.K., S. Karlsdottir and D.A. Jaffe, Influence of Asian emissions on the composition of air reaching the North Western United States, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2171-2174, 1999.
- Derwent, R.G., P.G. Simmonds, S. Seuring, and C. Dimmer, Observation and interpretation of the seasonal cycles in the surface concentrations of ozone and carbon monoxide at Mace Head, Ireland from 1990 to 1994, *Atmos. Environ.*, 32, 145-157, 1998.
- Derwent, R.G., D.S. Stevenson, W.J. Collins, and C.E. Johnson, Coupling between the global and regional scale ozone distributions over Europe and the role of intercontinental transport, presented at the U.S. EPA/EMEP Workshop on Hemispheric Pollution, Bad Breisig, Germany, October 7-9, 2002.
- Fiore, A.M., D.J. Jacob, I. Bey, R.M. Yantosca, B.D. Field, A.C. Fusco, and J.G. Wilkinson, Background ozone over the United States in summer: Origin, trend, and contribution to pollution episodes, *J. Geophys. Res.*, 107 (D15), doi:10.1029/2001JD000982, 2002.
- Fiore, A.M., D.J. Jacob, B.D. Field, D.G. Streets, S.D. Fernandes, and C. Jang, Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane, *Geophys. Res. Lett.*, 29(19), 1919, doi:10.1029/2002GL015601, 2002b.
- Husar, R.B., Global and local dust over North America, presented at the U.S. EPA/EMEP Workshop on Hemispheric Pollution, Bad Breisig, Germany, October 7-9, 2002.
- Husar, R.B. and 28 others, Asian dust events of April 1998, *J. Geophys. Res.*, 106, 18,317-18,330, 2001.
- Jacob, D. J., J. A. Logan, and P. P. Murti, "Effect of Rising Asian Emissions on Surface Ozone in the United States." *Geophys. Res. Lett.* 26, 2175-2178, 1999.
- Jaffe, D., T. Anderson, D. Covert, R. Kotchenruther, B. Trost, J. Danielson, W. Simpson, T. Berntsen, S. Kalsdottir, D. Blake, J. Harris, G. Carmichael, I. Uno, "Transport of Asian Air Pollution to North America." *Geophys. Res. Lett.* 26, 711-714, 1999.
- Jaffe, D., I. McKendry, T. Anderson, and H. Price, Six 'New' Episodes of Trans-Pacific Transport of Air Pollutants, *Atmos. Environ.*, in press, 2002.
- Li, Q., D.J. Jacob, I. Bey, P.I. Palmer, B.N. Duncan, B.D. Field, R.V. Martin, A.M. Fiore, R.M. Yantosca, D.D. Parrish, P.G. Simmonds, and S.J. Oltmans, Transatlantic transport of pollution and its effects on surface ozone in Europe and North America, *J. Geophys. Res.*, in press, 2002.
- Lin, C.-Y. C., D.J. Jacob, J.W. Munger, and A.M. Fiore, Increasing background ozone in surface air over the United States, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3465-3468, 2000.

Liu, H., D.J. Jacob, L.Y. Chan, S.J. Oltmans, I. Bey, R.M. Yantosca, J.M. Harris, B.N. Duncan, and R.V. Martin, Sources of tropospheric ozone along the Asian Pacific Rim: An analysis of ozonesonde observations, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2001JD002005, 2002.

McKendry, I.G., J.P. Hacker, R. Stull, S. Sakiyam, D. Mignacca, and K. Reid, Long-range transport of Asian dust to the Lower Fraser Valley, British Columbia, Canada, *J. Geophys. Res.*, 106, 18,361-18,370, 2001.

Park, R.J., D.J. Jacob, M. Chin and R.V. Martin, Sources of carbonaceous aerosols over the United States and implications for natural visibility, *J. Geophys. Res.*, submitted, 2002.

Parrish, D.D., Intercontinental transport of pollution: inflow to the west coast and outflow from the east coast of North America, presented at the U.S. EPA/EMEP Workshop on Hemispheric Pollution, Bad Breisig, Germany, October 7-9, 2002.

Prospero, J.M., Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality, *J. Geophys. Res.*, 104, 15,917-15,927, 1999.

Seigneur C., K. Lohman, K. Vijayaraghavan and R.-L. Shia, Contributions of global and regional sources to mercury deposition in New York State, NYSERDA Final Report 02-09, New York State Energy Research and Development Authority, Albany, USA, 2002.

Travnikov O. and A. Ryaboshapko, Modelling of mercury hemispheric transport and depositions, EMEP/MSC-E Technical Report 6/2002, Meteorological Synthesizing Centre - East, Moscow, Russia, 2002

Vaughan, J.K., C. Claiborn, and D. Finn, April 1998 Asian dust event over the Columbia Plateau, *J. Geophys. Res.*, 106, 18,381-18,402, 2001.

Wild, O., and H. Akimoto, Intercontinental transport of ozone and its precursors in a three-dimensional global CTM, *J. Geophys. Res.*, 106, 27,729-27,744, 2001.

Yienger, J. J., M. Galanter, T. A. Holloway, M. J. Phadnis, S. K. Guttikunda, G. R. Carmichael, W. J. Moxim, and H. Levy II, The Episodic Nature of Air Pollution Transport from Asia to North America. *J. Geophys. Res.*, 105, 26,931-26,945, 2000.

Note: Ces références ont été reproduites telles qu'elles ont été reçues par le secrétariat.
