



**Conseil économique  
et social**

Distr.  
GÉNÉRALE

EB.AIR/GE.1/2004/16  
17 juin 2004

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-huitième session, Genève, 6-8 septembre 2004)  
Point 4 c) de l'ordre du jour provisoire

**ATELIER SUR LA MESURE ET LA MODÉLISATION DES PARTICULES**

Document établi par le comité d'organisation en collaboration avec le secrétariat

**Introduction**

1. À l'invitation des Gouvernements des États-Unis d'Amérique et du Canada (EB.AIR/GE.1/2003/2, par. 37 g)), l'Atelier sur la mesure et la modélisation des particules s'est tenu à La Nouvelle-Orléans (États-Unis d'Amérique) du 20 au 23 avril 2004.
2. Ont participé à cet atelier 60 experts originaires des pays suivants: Allemagne, Autriche, Canada, États-Unis d'Amérique, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse. Des représentants de la Commission européenne, du Centre de coordination pour les questions chimiques (CCC) et du Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O) de l'EMEP, du Centre européen pour l'environnement et la santé de l'Organisation mondiale de la santé (CEES-OMS) et un membre du secrétariat de la CEE étaient également présents.

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.

3. MM. Robin Dennis (États-Unis) et Keith Puckett (Canada) ont été les principaux animateurs des débats.

4. Les communications faites durant l'Atelier peuvent être consultées sur Internet à l'adresse suivante: [www.emep-neworleans-workshop.net](http://www.emep-neworleans-workshop.net).

## I. OBJECTIFS DE L'ATELIER

5. Les objectifs de l'Atelier étaient les suivants:

a) Faire le point des connaissances concernant les particules, leur mesure et leur modélisation, et les outils disponibles à cette fin;

b) Réfléchir aux nouveaux travaux qui s'imposent en matière de mesure et de modélisation des particules pour pouvoir bien étudier les variations de l'état de l'atmosphère, et dûment juger de l'efficacité de la gestion et de la politique suivie dans ce domaine;

c) Déterminer comment améliorer au moindre coût les méthodes de mesure et de modélisation des particules et dégager de nouveaux axes de recherche prometteurs à l'appui du processus de prise de décisions dans ce domaine.

6. En outre, l'Atelier a permis à des experts venus d'Europe et d'Amérique du Nord d'échanger informations et idées sur l'état actuel des activités de mesure et de modélisation des particules, et de formuler une série de recommandations et priorités communes concernant les activités futures.

## II. COMMUNICATIONS

7. M. Juergen Schneider (CEES-OMS), M. William Harnett (États-Unis) et M<sup>me</sup> Peggy Farnsworth (Canada) ont fait des communications sur la politique suivie dans ce domaine en Europe et en Amérique du Nord. Les participants ont ensuite entendu des exposés sur l'état des réseaux de mesure en service dans la zone géographique des activités de l'EMEP, au Canada, aux États-Unis et dans le cadre du programme Veille atmosphérique mondiale (VAM) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

8. M. Kjetil Torseth (CCC) a parlé de l'EMEP et de ses relations avec d'autres grands programmes de surveillance en Europe, en mettant l'accent sur la mesure des particules. Il a présenté la stratégie de surveillance en cours (EMEP/CCC-Rapport/9/2002). M. Rich Scheffe (États-Unis) a passé brièvement en revue les programmes de mesure de l'air ambiant mis en œuvre aux États-Unis, indiquant notamment le nombre de stations existantes et leur répartition géographique, les paramètres mesurés et les résultats généraux des mesures. Il a fait observer que le programme américain reposait sur une approche à plusieurs degrés, comparable dans le principe à celle de l'EMEP. Il a également évoqué les modifications en cours du réseau.

9. Maris Lusia (Canada) a fourni des informations sur les programmes de mesure mis en œuvre au Canada, précisant notamment le nombre et l'emplacement des stations et donnant des détails sur les appareils d'échantillonnage, les paramètres mesurés et quelques résultats de mesures. M. Urs Baltensperger (Institut Paul Scherrer (Suisse)) a fourni des informations sur les objectifs du programme VAM concernant les aérosols, programme d'envergure mondiale

qui s'étendrait sur plusieurs dizaines d'années. À ce stade, le programme se concentrait sur les paramètres de mesure proposés (rapport VAM n° 153), centralisait les données recueillies par les stations participantes et s'efforçait d'offrir un accès aisé à ces données selon un processus transparent. À terme, il espérait pouvoir fournir les données nécessaires à la vérification au sol des données recueillies par satellite.

#### **A. Échantillonnage intégré dans le temps**

10. M. Jean-Philippe Putaud (Commission européenne) a présenté les activités d'échantillonnage intégré menées sur 24 heures dans une série de stations installées dans la nature, en zones rurale, périurbaine et urbaine ainsi qu'en bordure de chaussée et a évoqué différentes questions – formation d'artefacts lors de l'échantillonnage, et autres erreurs d'échantillonnage possibles, effets de l'humidité et répartition des particules en fonction de leur taille et de leur masse. M. John Watson (Institut de recherche sur les déserts) a examiné les moyens de recueillir des données supplémentaires à partir des échantillons de filtration disponibles. Il a passé en revue les systèmes d'échantillonnage existants et a présenté d'autres méthodes d'analyse des données, telles que la caractérisation des isotopes du plomb et le recueil de données supplémentaires sur le carbone d'origine thermique, le carbone soluble dans l'eau et les caractéristiques d'absorption de la lumière.

11. Les discussions sur les mesures intégrées dans le temps effectuées au Canada ont porté plus spécialement sur les tendances à long terme en ce qui concerne la mesure de la masse particulaire et sur l'utilité de ces données pour l'analyse des profils de distribution spatiale et temporelle, et des différences entre les zones urbaines et rurales. Un rapport sur les particules établi peu auparavant par le Groupe d'experts sur la qualité de l'air au Royaume-Uni fournissait des informations sur le programme britannique de mesure intégrée dans le temps, les épisodes d'émission de particules de sel marin et l'accroissement des concentrations de polluants locaux imputable au trafic routier.

12. Les données du réseau américain étudiant l'évolution de la répartition en espèces des particules (Speciation Trends Network (STN)) ont permis de se faire une idée de la répartition spatiale des stations, des activités de mesure de la masse particulaire et de la composition de l'atmosphère par période annuelle (proportion de sulfates, nitrates, ammonium et carbone total). Des données sur la variabilité saisonnière et spatiale collectées par certaines stations new-yorkaises ont également été fournies.

13. À propos des questions relatives à la mesure du carbone élément (ou carbone suie) et du carbone organique, les experts ont examiné les principales différences entre les méthodes d'échantillonnage utilisées aux États-Unis. Leur attention a été attirée sur les questions liées à l'échantillonnage des composés organiques semi-volatils (COSV) et sur les progrès réalisés dans le domaine de la caractérisation de la masse non comptabilisée auparavant, en particulier de ce qu'on appelle les HULIS (humic-like substances) ou substances de type humique. L'ensemble d'instruments utilisé à la station du supersite de Saint-Louis pour mesurer la répartition des particules de diamètre compris entre 3 nm et 10  $\mu\text{m}$ , pour suivre les processus de nucléation et pour mesurer d'autres propriétés des particules (par exemple la densité, la diffusion lumineuse, la mobilité, les caractéristiques de surface, le comportement hygroscopique) a permis de démontrer que la croissance des particules pouvait être très variable selon les saisons.

14. Les progrès réalisés dans la mesure des marqueurs moléculaires organiques des particules collectées dans les zones urbaines et les difficultés liées aux mesures intégrées du carbone organique et du carbone suie (carbone élément) ont également été évoqués. Parmi les autres questions examinées, on peut notamment citer les propriétés hygroscopiques des particules d'aérosols et une comparaison des données recueillies au moyen d'un appareil à impact à sec Moudi (impacteur à micro-orifices de dépôt uniforme) et d'un spectromètre de masse pour aérosols (SMA).

### **B. Mesures (semi-) continues**

15. Une série d'exposés a porté sur la disponibilité et l'efficacité de divers instruments, ainsi que sur leur comparabilité. On a souligné le besoin de données à haute résolution temporelle et spatiale et rappelé les problèmes liés aux systèmes de prélèvement manuels. Plusieurs instruments ont été présentés, notamment le collecteur d'aérosols à jet de vapeur, qui fournit des analyses en ligne de la composition chimique par voie humide pour différents diamètres, l'échantillonneur analyseur massique en temps réel (RAMS) pour la masse totale, capable de mesurer les nitrates et les matières organiques semi-volatils à l'exclusion de l'eau, et le système de mesure dynamique par filtration – microbalance conique à oscillation (FDMS/TEOM). Des études comparatives des systèmes RAMS, FDMS/TEOM, TEOM différentiel et d'autres instruments avaient également été réalisées sur le terrain.

16. On a souligné les avantages de la collecte de données au moyen de mesures continues et mis en évidence certains phénomènes ayant une influence sur la mesure de la masse des PM<sub>2,5</sub>. Des communications ont été faites sur différents programmes de mesure: résultats des mesures horaires des sulfates, des nitrates et des PM<sub>2,5</sub> effectuées au cours d'une campagne de mesure intensive sur le terrain, montrant comment les données horaires peuvent être utilisées pour détecter différentes sources de sulfates; mesures continues du carbone à l'aide de divers instruments, parmi lesquels un éthalomètre et un analyseur de particules de carbone de Sunset Labs; mesures de NH<sub>3</sub>; mesures lidar effectuées dans l'ouest du Canada, et comparaison des mesures des sulfates et des nitrates effectuées lors d'une campagne de mesure intensive sur le terrain à New York à l'aide d'une série d'instruments.

### **C. Nouveaux axes de recherche**

17. Un participant a présenté l'échantillonnage réalisé avec l'échantillonneur de particules en phase liquide (PILS), capable de mesurer une série d'anions et de cations, et a mis l'accent sur les questions liées à la mesure du carbone organique. On a comparé les données obtenues avec les appareils PILS et SMA sur des échantillons prélevés au sol dans un site urbain et lors d'applications dans l'atmosphère. Le système d'analyse de particules de gaz mis au point par l'Université technique du Texas permettait également de mesurer divers gaz et particules. Les données collectées avec cet instrument ont été comparées avec les mesures obtenues avec d'autres types d'instruments. Plusieurs méthodes novatrices applicables pour déterminer les caractéristiques d'absorption des aérosols selon la taille des particules ont également été examinées.

18. Un certain nombre d'exposés ont porté sur le SMA Aérodyne et les diverses mesures effectuées avec cet instrument – mesures au sol, mesures de la composition des aérosols du point de vue de la distribution granulométrique des particules, échantillonnage d'aérosols dans l'air

ambiant, mesures collectées dans le sillage des véhicules automobiles, et mesures de particules en suspension dans les nuages. Les mesures réalisées avec le SMA ont été comparées à celles obtenues avec le TEOM standard et le FDMS/TEOM. Les participants ont débattu des utilisations en cours et à venir du SMA et des données nécessaires pour améliorer l'échantillonnage avec cet appareil. L'attention des participants a été attirée sur les techniques d'analyse des données, telles que celles concernant le transport à longue distance et l'évolution temporelle, qui pouvaient permettre de déterminer l'origine des particules et, finalement, leur répartition par source.

#### **D. Modèles de la qualité de l'air fondés sur les émissions**

19. Des informations concernant le système régional unifié de modélisation de la qualité de l'air (AURAMS) utilisé au Canada, ainsi qu'une comparaison entre les prévisions du modèle AURAMS et une série de «mesures intensives» des particules et de l'ozone effectuées en août 2001 sur la côte ouest du Canada ont été présentées. On a attiré l'attention des participants sur un certain nombre de mesures non techniques peu coûteuses permettant d'améliorer la modélisation fondée sur les sources. Les résultats d'une modélisation de la répartition par source et du mélange externe pour le bassin atmosphérique de la côte sud et la vallée de San Joaquin ont également été présentés.

20. Un expert a présenté le modèle de l'EMEP et les mesures utilisées pour la comparaison avec les émissions déduites par modélisation, en mettant l'accent sur le module de recherche consacré aux aérosols organiques secondaires et sur l'évaluation de l'efficacité de chaque composant du modèle.

21. Diverses applications aux États-Unis de modèles tridimensionnels des particules et les résultats obtenus avec les différents modèles et/ou versions des modèles pour chacune des applications ont été présentés. On a souligné qu'il était nécessaire d'effectuer des évaluations diagnostiques. On a également évoqué la fiabilité relative des prévisions des modèles pour plusieurs éléments entrant dans la composition des particules ou contribuant à leur formation.

22. Un expert a présenté les progrès de la modélisation des aérosols organiques secondaires au cours des 10 années écoulées en insistant sur l'importance des aérosols organiques primaires et secondaires pour les prévisions relatives aux concentrations de particules réalisées avec des modèles tridimensionnels fondés sur les émissions. En outre, l'hypothèse a été avancée qu'il pourrait être important d'intégrer dans ces modèles le phénomène, étudié depuis peu, des réactions chimiques provoquées par la catalyse acide.

23. Enfin, l'utilisation au Royaume-Uni du modèle de dispersion de Lagrange appliqué aux particules a fait l'objet d'un exposé traitant notamment des résultats de la modélisation au Royaume-Uni et du modèle utilisé pour contrôler le système de mesure de l'efficacité du modèle lagrangien.

#### **E. Modèles de la qualité de l'air par récepteur**

24. Plusieurs exposés ont porté sur la modélisation de la qualité de l'air par récepteur. On a présenté à cette occasion le spectromètre de masse à temps de vol, qui permet de mesurer la composition de particules prises individuellement, ainsi que quelques exemples de résultats

des mesures effectuées avec cet instrument. Les avantages de ce type de modélisation pour la répartition par source et de différentes méthodes applicables lorsque le profil des sources est inconnu, telles que l'analyse factorielle et l'analyse à vecteur propre, ont été mis en avant. On a présenté les résultats de la modélisation par récepteur et les techniques de répartition par source appliquées à des épisodes de pollution observés aux États-Unis, ainsi que l'utilisation d'une méthode non paramétrique de répartition par source et une nouvelle technique de ventilation selon la méthode Lomb-Scargle. Le besoin de données pour améliorer la modélisation fondée sur les émissions et la modélisation par récepteur a été souligné. Enfin, un nouveau modèle par récepteur pseudo-déterministe applicable pour la répartition par source a été présenté.

#### **F. Besoins en ce qui concerne les mesures de la qualité de l'air et autres modèles**

25. Les experts ont examiné tous les types d'information nécessaires pour comparer les différents modèles – études en laboratoire, réseaux de surveillance et mesures intensives. Si certains réseaux de surveillance étaient suffisants pour la description des résultats généraux des modèles, ils ne permettaient pas d'en étudier les causes. Dans une communication consacrée au modèle de l'EMEP pour les aérosols et aux résultats obtenus avec celui-ci, il a été question des progrès à réaliser sur le plan des mesures pour pouvoir améliorer ce modèle et en confirmer la validité. Dans une autre communication exposant les résultats du système de modélisation communautaire de la qualité de l'air à échelles multiples (Community Multi-scale Air Quality (CMAQ)) comparés aux données préliminaires recueillies sur le supersite durant les périodes d'été et d'hiver, l'accent a été mis sur la nécessité d'obtenir des mesures spécifiques, en particulier pour les éléments non organiques, afin de pouvoir mieux évaluer et comprendre les révisions faites avec ce modèle. On a souligné qu'il était important d'utiliser des données à haute résolution temporelle et attiré l'attention sur les données nécessaires pour évaluer l'efficacité du modèle CMAQ s'agissant d'estimer les aérosols carbonés et, plus précisément, la fraction carbonée des PM<sub>2,5</sub>, la fraction primaire par rapport à la fraction secondaire, la contribution des sources à la fraction de carbone primaire et les fractions d'aérosols secondaires d'origine naturelle et d'origine anthropique. On a également présenté les données d'échantillonnage des aérosols qui avaient été collectées par le groupe «Aérosols, qualité de l'air et climat» du réseau d'excellence européen ACCENT.

### **III. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS**

26. Les participants à l'Atelier ont formulé les conclusions et recommandations suivantes:

a) Au cours des cinq années écoulées, des progrès importants ont été réalisés dans la compréhension des processus concernant les particules atmosphériques, émissions, transport, transformation, concentrations et dépôts. Cette accélération des progrès a été rendue possible par des investissements considérables dans les programmes de surveillance et d'élaboration de modèles. La poursuite des activités d'analyse des données, d'évaluation des modèles, d'interprétation des données et d'établissement de rapports permettra d'acquérir de nouvelles connaissances. Il est nécessaire de maintenir le niveau des investissements car de nombreuses incertitudes subsistent;

b) Les méthodes de mesure intégrée dans le temps et les méthodes de mesure continue présentent différents avantages et inconvénients. Il faudrait, dans les programmes de surveillance, s'efforcer de concilier ces deux types de méthodes en les utilisant conjointement dans le cadre d'un système à plusieurs degrés. Les concepteurs des programmes de surveillance devraient prendre en considération la nécessité de décrire les conditions chimiques initiales et les réactions de l'environnement aux stratégies de lutte contre les émissions;

c) Les méthodes de surveillance intégrée dans le temps ont été efficaces pour la caractérisation des profils de distribution spatiale et temporelle et pour l'évaluation des stratégies de lutte contre les émissions. Il est important de continuer à utiliser ces méthodes pour assurer la continuité des mesures et pour en tirer les connaissances qu'elles seules peuvent fournir. Néanmoins, des améliorations sont nécessaires en ce qui concerne la couverture spatiale des réseaux existants, la caractérisation des aérosols carbonés, la mesure simultanée des gaz et des particules et la comparabilité des méthodes utilisées par les différents réseaux;

d) Les méthodes de surveillance continue et semi-continue se sont avérées extrêmement utiles pour comprendre comment les processus atmosphériques (météorologiques, physiques, chimiques) et les émissions (sources spécifiques et/ou régions sources) influent sur les concentrations de particules. Des méthodes de surveillance continue sont ou seront bientôt disponibles pour la mesure de nombreux paramètres intéressants et prêtes à être appliquées par les réseaux effectuant des mesures régulières;

e) Afin de continuer à progresser à un rythme soutenu et de tirer parti des nouvelles connaissances acquises, un plan s'impose pour: coordonner les activités à court et long terme visant à remédier aux lacunes que présentent encore les méthodes de mesure en vigueur, faciliter la mise en place de nouvelles techniques de mesure et en évaluer le rapport coût-efficacité, mettre au point des systèmes d'évaluation de la précision, de l'exactitude et de la représentativité des mesures, et améliorer la comparabilité des méthodes et des réseaux;

f) Dans l'avenir, les nouvelles techniques de mesure (par exemple, les spectromètres de masse pour l'analyse de particules prises individuellement ou en vrac, et les échantillonneurs semi-continus de gaz et particules en phase liquide basés sur la chromatographie à ions) offriront encore plus de possibilités et permettront de comprendre les processus atmosphériques, d'estimer la répartition des masses particulaires, d'établir la proportion des mélanges interne et externe, et de déterminer la distribution des particules en nombre et en taille en fonction de la composition;

g) Les comparaisons récentes des modèles fondés sur les émissions avec les données collectées en Amérique du Nord et en Europe sont encourageantes compte tenu de la taille des domaines, de la complexité de la météorologie et des incertitudes relatives aux émissions. Toutefois, si l'on veut que les modèles gagnent en fiabilité et en efficacité, d'autres travaux devront être menés à bien afin d'améliorer les données d'entrée, de caractériser les processus atmosphériques et d'utiliser les résultats de la modélisation par récepteur en complément des évaluations fournies par les modèles fondés sur les émissions;

h) En ce qui concerne la représentation des processus atmosphériques dans les modèles, le plus important à ce stade est d'améliorer la représentation de la formation naturelle et anthropique des aérosols organiques secondaires. Il est également nécessaire d'améliorer la représentation des interactions entre les aérosols, les nuages et les précipitations;

i) Pour les autres éléments particuliers, l'efficacité des modèles est souvent limitée pour des raisons liées à la disponibilité et à la qualité des données d'entrée. Des essais portant sur les sources et des mesures ciblées de l'air ambiant sont nécessaires pour améliorer les inventaires des émissions de particules et de précurseurs (particules primaires ventilées par taille et par espèce, COV, COSV et ammoniac, en particulier) et pour dresser des profils des sources aux fins aussi bien de la modélisation fondée sur les émissions que de la modélisation par récepteur. La qualité des données météorologiques et chimiques au sol et en altitude utilisées dans ces modèles doit être améliorée grâce à des campagnes spéciales de mesure et à un contrôle régulier des conditions en altitude au moyen de mesures au sol et par satellite;

j) Pour évaluer le fonctionnement général des modèles, une série critique de mesures chimiques et météorologiques simultanées doit être effectuée sur les sites du réseau avec, à terme, une résolution horaire. Pour un diagnostic plus détaillé de leur efficacité, il est nécessaire de procéder à une série plus longue de mesures continues en divers points stratégiques afin de couvrir différents climats chimiques, notamment les quatre saisons de l'année. Des mesures aussi détaillées de l'air ambiant (notamment des espèces indicatrices) s'imposent pour évaluer si les modèles actuels décrivent correctement le régime chimique correspondant aux conditions existantes et à celles escomptées dans l'avenir;

k) Il existe désormais des modèles par récepteur qui fournissent d'assez bonnes estimations des contributions des différentes sources de particules, estimations qui peuvent être utiles pour élaborer des stratégies de lutte contre les émissions, évaluer les inventaires d'émissions et améliorer les données venant alimenter les modèles déterministes. L'utilisation des modèles par récepteur est souvent limitée en raison du manque de mesures appropriées collectées de manière régulière et de l'absence de mises à jour des profils des sources;

l) Afin de rendre plus fiable l'évaluation des stratégies de lutte contre les émissions, il faudrait utiliser de multiples modèles – modèles fondés sur les émissions et modèles par récepteur – et procéder à une analyse approfondie des mesures appropriées dans le cadre d'une approche intégrée de façon à pouvoir opérer une certaine pondération. L'évaluation et la comparaison des modèles sont des étapes essentielles pour renforcer la crédibilité des indications que ceux-ci fournissent;

m) Pour faciliter les progrès dans ce domaine, examiner ensemble les questions d'intérêt commun et poursuivre l'élaboration de stratégies visant simultanément plusieurs polluants, il est nécessaire de renforcer les contacts et les échanges d'informations entre les communautés de recherche spécialisées dans la mesure et la modélisation des particules en Amérique du Nord et en Europe, et ainsi qu'entre les spécialistes de la qualité de l'air et ceux du climat, de la santé et de l'environnement.

-----