



**Conseil économique  
et social**

Distr.  
GÉNÉRALE

ECE/EB.AIR/WG.1/2006/11  
27 mars 2006

FRANÇAIS  
Original: ANGLAIS

---

**COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE**

ORGANE EXÉCUTIF DE LA CONVENTION  
SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE  
TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE

Groupe de travail des effets  
Vingt-cinquième session  
Genève, 30 août-1<sup>er</sup> septembre 2006  
Point 5 ix) de l'ordre du jour provisoire

**ATELIER SUR LES NIVEAUX CRITIQUES D'OZONE: APPLIQUER  
ET PERFECTIONNER LA MÉTHODE FONDÉE SUR LES FLUX**

Document établi par les organisateurs avec le concours du secrétariat

**INTRODUCTION**

1. L'Atelier sur les niveaux critiques d'ozone: appliquer et perfectionner la méthode fondée sur les flux s'est tenu du 15 au 19 novembre 2005 à Obergurgl (Autriche). Il était organisé par le Centre fédéral autrichien pour la recherche et la formation en matière de forêts, de risques naturels et de paysages (BFW).
2. Y ont assisté 97 experts des Parties ci-après à la Convention: Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis d'Amérique, Finlande, France, Grèce, Italie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni, Slovénie, Suède et Suisse. Un expert de l'Australie y a également participé. Le Programme international concerté sur les forêts (PIC-Forêts), le PIC-Végétation, le Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O) de l'EMEP et le secrétariat de la CEE étaient représentés.

## I. OBJECTIFS DE L'ATELIER

3. L'Atelier, qui visait essentiellement à confirmer l'approche fondée sur les flux, avait pour principaux objectifs les suivants:

- a) Affiner les méthodes d'application des relations flux-effets aux évaluations des impacts à différents niveaux géographiques, en étudiant notamment les incertitudes;
- b) Réexaminer le niveau critique provisoire fondé sur les flux pour les essences forestières et faire le point de l'établissement de niveaux critiques fondés sur les flux pour les cultures qui ne sont pas encore prises en considération dans le manuel de cartographie;
- c) Faire le point de l'élaboration de modèles et de méthodes d'étude de la relation flux d'ozone-effets au niveau de la canopée et des peuplements pour les cultures et les essences forestières;
- d) Faire le point de l'élaboration de modèles flux-effets pour la végétation (semi-)naturelle;
- e) Mettre en évidence les domaines dans lesquels il conviendra d'approfondir les travaux pour les cultures, la végétation (semi-)naturelle et les essences forestières.

4. L'Atelier a été ouvert par M. Gerhard Wieser (Autriche), qui a fait brièvement l'historique de l'Atelier et en a présenté les principaux objectifs.

## II. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### A. Généralités

5. Les participants à l'Atelier ont pris note des éléments nouveaux à l'appui de l'approche fondée sur les flux, et qui n'étaient pas connus à l'époque du précédent atelier, en 2002. Ces données nouvelles concernaient surtout les processus au niveau des feuilles, tels que la conductance stomatique. L'état d'avancement de la mise au point de la méthode fondée sur les flux a été présenté. Il n'était pas encore possible de confirmer les relations flux-effets qui ont été définies à partir d'expériences d'exposition à l'ozone à l'aide de données de terrain, mais des effets nocifs de l'ozone (les lésions subies par les feuilles, notamment) ont été observés sur le terrain pour des concentrations ambiantes de ce gaz.

6. Les participants sont convenus que les recommandations de l'Atelier seraient surtout applicables au domaine de modélisation de l'EMEP, lequel recouvre la majeure partie de l'Europe. Néanmoins, il faudrait entretenir des relations de coopération étroites avec les chercheurs d'Amérique du Nord qui travaillent sur l'ozone.

7. Les participants ont proposé l'approche fondée sur les effets en tant que méthode commune permettant d'évaluer le risque que l'ozone peut présenter pour les écosystèmes dans les modèles d'évaluation intégrée. L'indicateur quantitatif du flux est l' $AF_{st}Y$ , qui représente le flux stomatique cumulé d'ozone au-delà d'un seuil de  $Y$   $nmol\ m^{-2}s^{-1}$  par unité de surface foliaire exposée. Toutefois, l'approche fondée sur les flux ne permettait pas de quantifier les effets sur la végétation semi-naturelle, et les niveaux critiques ne pouvaient être déterminés que selon

l'approche fondée sur les concentrations (AOTX, ou concentration cumulée d'ozone au-delà d'un seuil de X parties par milliard (ppb) pendant une période donnée) pour ce récepteur.

8. Aucune information nouvelle sur les cultures et les essences forestières ne justifie une révision des niveaux critiques mentionnés actuellement dans le *Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends* (Manuel des méthodes et critères de modélisation et de cartographie des charges et niveaux critiques et des effets, risques et tendances de la pollution atmosphérique). Des données expérimentales nouvelles attestant des effets sur la végétation (semi-)naturelle ayant été présentées, les participants sont convenus de définir un niveau critique nouveau pour les communautés dominées par des essences pérennes.

9. L'Atelier a estimé qu'il fallait que les chercheurs mettent en évidence les principales zones d'incertitude dans le cheminement de l'ozone jusqu'aux zones d'impact. Les incertitudes définies et les distorsions possibles devraient être quantifiées et communiquées clairement aux décideurs. Les activités de confirmation relatives à la mesure des effets devraient être classées selon trois grands niveaux: la canopée (ou l'écosystème), les réponses foliaires et les réponses cellulaires. L'Atelier a recommandé que les PIC examinent et énumèrent les effets terminaux qui seraient significatifs pour la prise de décisions. Il a relevé la nécessité de charger les centres nationaux de liaison d'encourager l'évaluation des risques afférents à l'ozone par l'application des méthodes proposées afin de se familiariser avec les applications locales.

## B. Cultures

10. On a proposé d'appliquer l'approche fondée sur les flux dans les modèles d'évaluation intégrée à une espèce cultivée «type». Celle-ci devrait avoir une phénologie simplifiée – condition jugée problématique en cartographie continentale – et être en principe bien irriguée. On a défini des méthodes concrètes permettant de déterminer les saisons ou périodes de croissance dans toute la région de l'Europe à l'aide de cartes climatologiques, par la sommation des températures et l'application de fonctions de latitude. L'espèce «type» pourrait renseigner sur la répartition relative du risque de dommages dus à l'ozone à travers l'Europe dans l'optique de la prise de décisions, en utilisant des modèles d'évaluation intégrée, mais elle ne devrait pas servir à estimer les pertes de rendement.

11. Des applications détaillées, à l'échelle locale, à des espèces et emplacements précis ont été recommandées pour des études parallèles de l'approche fondée sur les flux à l'échelon européen. Les participants ont estimé que l'approche fondée sur les concentrations, éventuellement modifiée compte tenu de facteurs importants pour la dose d'exposition, pourrait encore être utile à l'échelle locale, mais les données nouvelles étaient rares. Les données climatiques locales pourraient être appliquées aux cultivars de régions climatiques précises. Restait le problème des concentrations d'ozone qui n'étaient toujours pas utilisées à la hauteur de la canopée.

12. Il était clair qu'il fallait distinguer les incertitudes aléatoires des incertitudes systématiques. Ces dernières, dans l'approche fondée sur les concentrations, correspondaient à l'absence de limites environnementales. Dans l'approche fondée sur les flux, elles n'étaient toujours pas définies avec précision.

13. Les participants à l'Atelier sont convenus que les limites et les incertitudes de l'approche fondée sur les flux et de l'approche fondée sur les concentrations de la réaction des cultures devraient être précisées dans le manuel de cartographie. Dans les applications locales, il conviendrait d'appliquer les relations existantes, qui sont déterminées localement; autrement, les limites de l'application des relations indiquées dans le manuel de cartographie devraient être clairement précisées. On dispose de données nouvelles pouvant être incorporées dans les futures fonctions de réaction, notamment pour le maïs, la betterave à sucre, la vigne, la tomate et l'alfa.

14. La principale limite à l'évaluation des incertitudes était le manque de données d'observation. On a fait observer qu'il pourrait être possible d'utiliser, à l'avenir, des marqueurs moléculaires dans le processus de validation.

### C. Essences forestières

15. Les participants à l'Atelier ont noté que la formulation et la paramétrisation pour les essences forestières avaient été améliorées dans le modèle EMEP du flux stomatique de l'ozone grâce, en partie, à l'accès à de nouveaux ensembles de données. Les modèles qui avaient été élaborés et validés pour des applications telles que la croissance forestière, les changements climatiques et le cycle de l'eau pourraient livrer des données permettant d'améliorer encore le modèle EMEP des flux. L'amélioration et l'application du modèle EMEP des flux devraient s'accompagner d'une validation et d'une analyse de sensibilité complètes. Les participants ont conclu que l'application du modèle d'absorption stomatique se justifiait pour l'évaluation des risques dans le domaine géographique de l'EMEP, mais que les évaluations locales appelaient d'autres solutions.

16. Selon les participants à l'Atelier, les effets terminaux et l'indicateur quantitatif d'impacts négatifs étaient des questions importantes. On s'est interrogé, en particulier, sur la question de savoir s'il était valable d'utiliser la croissance en tant que substitut pour représenter les impacts sur les écosystèmes de terres boisées naturelles. Les impacts de l'ozone sur les essences forestières matures sur une zone géographique étendue devraient être vérifiés pour justifier l'application des niveaux critiques.

17. Les participants sont convenus d'une approche «quaternaire», à savoir une étude des risques et une évaluation des impacts à l'échelle locale et au niveau du domaine de l'EMEP. Différentes solutions ont été proposées pour les quatre combinaisons de méthodes et d'échelle géographique disponibles.

18. Les participants ont noté que les instructions concernant l'évaluation à l'échelle locale, qualifiées de nationales ou sous-nationales, étaient purement indicatives. Il a été recommandé des évaluations des risques à l'échelle locale par l'application de l'approche fondée sur les concentrations (AOTX), sur les concentrations maximales acceptables d'ozone (CMAO) ou sur les flux ( $AF_{st}Y$ ). L'application de ces approches devrait être optimisée en fonction des conditions et des essences locales. L'Atelier n'a donné aucune recommandation ni avis précis au sujet de l'évaluation des impacts à l'échelle locale.

19. Les participants ont estimé que la procédure d'optimisation des réductions des émissions afin de protéger les forêts d'Europe devrait se fonder uniquement sur l' $AF_{st}1,6$  dans les modèles d'évaluation intégrée. Des cartes devraient être dressées sur la base de l' $AF_{st}1,6$  et de l'AOT40,

mais celles fondées sur cette dernière valeur ne devraient être utilisées que pour certains scénarios clefs. Les participants sont convenus que la valeur seuil de  $Y = 1,6 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  par unité de surface foliaire exposée, au-dessus de laquelle le flux stomatique devrait être cumulé, devrait être conservée dans la mesure où il n'a été présenté aucun élément scientifique à l'appui d'un quelconque changement.

20. Les participants ont recommandé que les estimations de l' $AF_{st}1,6$  devraient être faites pour une essence «type» représentant toutes les forêts du domaine de l'EMEP en vue d'une utilisation dans les modèles d'évaluation intégrée. La paramétrisation du module d'absorption stomatique de l'essence «type» devrait être examinée par des experts compétents, en mettant l'accent sur les données supplémentaires à intégrer pour tenir compte des variations régionales.

21. Les participants sont convenus que le niveau critique fondé sur l' $AF_{st}1,6$  ne devrait pas être utilisé dans les modèles d'évaluation intégrée. Ils ont estimé aussi que l'absorption d'ozone par les feuilles et les aiguilles était potentiellement nocive mais que, pour l'heure, les incertitudes associées à la quantification de l'impact de l'ozone sur les forêts à l'échelle européenne étaient élevées.

22. De l'avis des participants, l'approche fondée sur les flux ne devrait être utilisée, sous sa forme actuelle, que pour les évaluations des risques relatifs en vue de la formulation des politiques, et non pour obtenir des estimations quantitatives des effets négatifs de l'ozone sur les forêts à cette échelle; par conséquent, aucune recommandation et aucun avis précis ne peuvent être formulés au sujet de l'évaluation des impacts.

23. Les participants sont convenus que l'application de l'approche fondée sur les flux à la construction de modèles d'évaluation intégrée à l'échelle européenne avait pour objet de livrer une méthode intéressante au plan biologique qui puisse accroître la représentativité géographique des risques que représente l'ozone pour les forêts et des mécanismes de dégradation correspondants. Cependant, beaucoup d'incertitudes pesaient encore sur la formulation, la paramétrisation et la validation de cette approche et sur le lien entre le flux stomatique et la réaction.

24. Les participants à l'Atelier ont estimé que le manuel de cartographie devrait être complété par un texte tenant compte des changements d'orientation quant aux modèles d'évaluation intégrée et des questions que posait l'application de l'approche fondée sur les flux. L'estimation de la période d'accumulation des flux d'ozone dans différentes parties d'Europe appelait un complément d'information.

25. Selon les participants, il faudrait que des experts compétents en matière d'essences forestières élaborent des propositions précises concernant les modalités concrètes de la modélisation et les modifications à apporter au manuel de cartographie. M. Per-Erik Karlsson (Suède) a proposé de constituer des équipes qui seraient chargées de ce travail. Les participants ont demandé à M. Karlsson de faire rapport à toutes les réunions des équipes spéciales de PIC concernées au printemps 2006.

#### **D. Végétation (semi-)naturelle**

26. Les participants ont jugé que le niveau critique fondé sur les concentrations (AOT40), soit 3 ppm.h (parties par million x heures) sur trois mois pour les communautés dominées par des essences annuelles, était encore valable et devait continuer d'être appliqué.

27. Selon des études réalisées dernièrement, le niveau critique pour les communautés dominées par des essences pérennes devrait être recalculé. En raison de la période de croissance plus longue de ces communautés, l'AOT40 devrait être calculé sur une période de croissance de six mois. Les participants ont recommandé un niveau critique d'AOT40 de 5 ppm.h sur six mois afin de prévenir des effets néfastes. L'évaluation du dépassement de ce niveau critique devrait se fonder sur les valeurs moyennes de l'AOT40 sur cinq années consécutives.

28. Les participants ont estimé que des valeurs d'AOT40 sur trois mois (pour les communautés à dominante annuelle) et six mois (pour les communautés à dominante pérenne) devraient être calculées sur la période de croissance active, laquelle dépend de la zone climatique considérée. Il a été proposé des dates révisées de début et de fin de ces périodes en remplacement des valeurs indiquées dans le manuel de cartographie. Si les modèles d'évaluation intégrée n'exigent qu'une seule carte, il faudrait appliquer la valeur semestrielle de 5 ppm.h.

29. Les participants ont estimé que les récepteurs devraient être groupés suivant la typologie des écosystèmes du Système européen d'information sur la nature EUNIS. Selon les données par espèce végétale, les catégories les plus exposées sont les prairies sèches (E1), les prairies mésiques (E2), les prairies humides (E3), les prairies alpines (E4), les lisières des terres boisées (E5), la déhesa (E7.3) et la lande (F4). Pour E1 et E2, cette classification de sensibilité était corroborée par des données expérimentales attestant des modifications au sein des communautés végétales.

30. On ne disposait pas des données expérimentales nécessaires à la définition de niveaux critiques fondés sur l'approche-flux pour la végétation semi-naturelle. Selon les participants à l'Atelier, les modèles disponibles pour dresser des cartes des flux d'ozone dans les communautés semi-naturelles n'étaient pas suffisamment pointus ni bien paramétrisés pour permettre d'évaluer les risques à ce stade. Toutefois, on avait progressé dans l'élaboration d'un modèle de flux paramétrisé pour les prairies productives à dominante de rye-grass pérenne (*Lolium perenne*), sous des régimes de gestion et de nutrition différents.

### **III. PRINCIPALES PRIORITÉS DES TRAVAUX DE RECHERCHE**

31. Les participants à l'Atelier ont défini comme suit les priorités des travaux de recherche à entreprendre à l'avenir:

a) Création d'un réseau de recherche à l'échelle européenne, comprenant des sites locaux, dans lesquels seront étudiés l'exposition des plantes et les dépôts d'ozone (ces travaux contribueraient beaucoup à la validation et à la mise au point des modèles de flux et aux travaux de recherche ultérieurs);

b) Mise au point de méthodes épidémiologiques fondées sur les statistiques de récolte afin d'étudier les effets de l'ozone;

- c) Spécification détaillée des cultures «types» pour les modèles d'évaluation intégrée;
- d) Pour les essences, expérimentations sur le terrain, notamment à l'aide de dispositifs de libération d'ozone à ciel ouvert, couvrant l'éventail des conditions climatiques représentées en Europe;
- e) Mise en évidence des impacts de l'ozone sur les essences forestières à l'aide des bases de données actuelles, et évaluation des indicateurs de la relation dose-réaction autres que la croissance des arbres;
- f) Obtention de données nouvelles pour valider le modèle de flux stomatique pour les forêts de tous âges et de tous types dans toutes les régions géographiques;
- g) Réalisation d'expériences de libération d'ozone sur le terrain sur un éventail de communautés végétales semi-naturelles pour confirmer l'applicabilité des niveaux critiques sur le terrain et calculer des relations dose-réaction;
- h) Réalisation d'études expérimentales nouvelles pour évaluer les interactions entre les dépôts d'azote et l'ozone, particulièrement dans les communautés pauvres en éléments nutritifs, compte tenu des effets souterrains et des impacts par état nutritif;
- i) Confirmation expérimentale des effets néfastes dans les régions où les niveaux critiques sont dépassés, en faisant notamment appel à des bio-indicateurs, à l'analyse d'impact historique et à l'étude de l'évolution des géotypes tolérants à l'ozone.

-----