



**Conseil Économique  
et Social**

Distr.  
GÉNÉRALE

EB.AIR/WG.5/1998/4/Add.1  
12 janvier 1999

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 stratégies  
(Vingt-huitième session, 25-29 janvier 1999)  
Point 3 de l'ordre du jour provisoire

**ASPECTS ÉCONOMIQUES DES STRATÉGIES DE RÉDUCTION**

Additif

**II. ÉVALUATION DES AVANTAGES DES SCÉNARIOS MULTIPOLLUANTS/MULTIEFFETS**

1. Le présent chapitre résume les conclusions d'une étude, élaborée en vue des négociations sur le protocole multieffets/multipolluants, qui porte sur les avantages des scénarios pour les modèles d'évaluation intégrée. Cette étude a été réalisée par AEA Technology pour l'Équipe spéciale financée par la Commission européenne (DG XI). M. Mike HOLLAND (Royaume-Uni) l'a présentée à l'Équipe spéciale. Elle avait pour objectifs particuliers de quantifier, en termes économiques si possible, les effets sur l'environnement et sur la santé de la réduction des émissions d'oxydes d'azote, de SO<sub>2</sub>, d'ammoniac et de COV,

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 APPROUVES par l'Organe exécutif.

et de comparer ces effets aux coûts liés à cette réduction des émissions. Les travaux sur les modèles d'évaluation intégrée et les résultats de ces modèles utilisés dans cette étude sont ceux qui ont été présentés dans les documents EB.AIR/WG.5/1998/3 et Add.1 au Groupe de travail des stratégies par l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée.

2. Le rapport sur cette étude et d'autres documents présentés à l'Équipe spéciale et mis à la disposition du secrétariat dans un format électronique sont accessibles sur Internet à l'adresse [www.unece.org/env/tfeas](http://www.unece.org/env/tfeas).

3. Le rapport s'inspire de deux études antérieures et d'une étude en cours. La première étude (résumée dans le document EB.AIR/WG.5/1998/R.97) a été réalisée pour l'Équipe spéciale et a été financée par le Département de l'environnement, des transports et des régions du Royaume-Uni. Les avantages de quelques scénarios préliminaires y étaient examinés dans le cadre du protocole multieffets/multipolluants. La deuxième étude, financée par la Commission européenne (DG XI), portait principalement sur l'élaboration d'une directive relative aux limites des émissions d'ozone. L'étude en cours, également pour la CE, se rapporte à la directive de la CE relative aux plafonds nationaux d'émission.

4. D'autres activités nationales d'évaluation des avantages sont par ailleurs en cours. Un expert de la République tchèque a informé l'Équipe spéciale de l'existence d'un projet sur l'évaluation économique des dommages causés par la pollution atmosphérique aux matériaux et aux bâtiments en République tchèque. Les résultats préliminaires fournissent notamment une évaluation approximative des dommages causés annuellement par la pollution atmosphérique aux bâtiments résidentiels situés dans plusieurs zones (deux à Prague et une à Ostrava) en République tchèque. L'Équipe spéciale s'est déclarée intéressée par l'avancement de ce projet, qui pourrait rendre compte, de manière plus réaliste que dans les études précédentes, des coûts liés aux dommages en Europe centrale et orientale.

#### **A. Méthodologie et données**

5. La méthodologie utilisée dans cette étude a été présentée dans de précédents rapports (document EB.AIR/WG.5/R.97 et premier chapitre du document EB.AIR/WG.5/R.70) par l'Équipe spéciale. Elle s'inspire dans une large mesure des méthodes élaborées dans le cadre du projet ExterneE de la DG XII de la Commission européenne. Les calculs dans le modèle se font par étapes, à partir des émissions, en passant par les modifications d'exposition, la quantification des effets au moyen des fonctions de réaction à l'exposition, jusqu'à l'évaluation monétaire fondée sur le consentement à payer (voir les paragraphes 11 et 12 du document EB.AIR/WG.5/R.97). Une caractéristique essentielle du modèle est la manière dont ont été évaluées les sensibilités principales. Cela ressort de l'analyse approfondie qui en est présentée dans la section 4 ci-après.

##### **1. Effets considérés**

6. La liste des effets qui seraient influencés par les changements au niveau des émissions, tels que définis par les scénarios pour les modèles

d'évaluation intégrée, est donnée dans le tableau 1. Ce tableau permet aussi de voir les effets dont il a été tenu compte dans l'analyse et ceux qui n'ont pas été retenus.

**Tableau 1.** Effets quantifiés et non quantifiés au cours de cette étude

Effet	Quantifié ?	Observations
<b>Santé</b>		
Aérosols contenant NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> mortalité aiguë mortalité chronique	Oui Oui	Peu de publications des travaux de recherche disponibles
morbidité aiguë morbidité chronique	Oui Oui	
Ozone mortalité aiguë morbidité aiguë effets chroniques	Oui Oui Non	Lien moins évident entre O <sub>3</sub> et la mortalité que pour les MP <sub>10</sub> Pas de données permettant d'évaluer les effets chroniques
SO <sub>2</sub> mortalité aiguë morbidité aiguë effets chroniques	Oui Oui Non	Pas de données permettant d'évaluer les effets chroniques
Effets directs des COV	Non	Manque de données sur les espèces, etc.
Effets directs de NO <sub>2</sub>	Non	Manque de preuves suffisantes des effets aux niveaux ambiants actuels
Effets "altruistes"	Non	Données fiables d'évaluation non disponibles
<b>Matériaux</b>		
Effets de SO <sub>2</sub> /acide sur les bâtiments utilitaires	Oui	
Effets sur le patrimoine culturel, sur l'acier dans le béton armé	Non	Semblent être peu importants dans les scénarios ne tenant pas compte des effets de SO <sub>2</sub>
Effets de O <sub>3</sub> sur la peinture, sur le caoutchouc	Non	Manque d'un inventaire européen des ressources et des biens exposés
Effets macroéconomiques	Non	Fiabilité non connue de l'extrapolation des données

Effet	Quantifié ?	Observations
<b>Cultures</b>		
Effets directs de SO <sub>2</sub> et de O <sub>3</sub> sur le rendement des cultures	Oui	
Effets indirects de SO <sub>2</sub> et de O <sub>3</sub> sur le bétail	Oui	
Dépôt d'azote sous forme d'engrais	Oui	
Interactions des polluants avec les parasites et les agents pathogènes, avec le climat, etc.	Non	Données sur la réaction à l'exposition non disponibles
Acidification/chaulage	Oui	Effet des dépôts atmosphériques probablement négligeable
Effets macroéconomiques	Non	Fiabilité non connue de l'extrapolation des données
<b>Forêts</b>		
Effets de O <sub>3</sub> sur la production du bois	Oui	Evaluation faisant l'objet d'incertitudes très élevées
Effets d'autres substances que O <sub>3</sub>	Non	Pas de données disponibles
Avantages des forêts non liés à la production de bois	Non	Pas de données disponibles
Dépassement de la charge critique pour l'eutrophisation	Non	Dépassement signalé, mais pas de données disponibles permettant une évaluation
Dépassement de la charge critique pour l'acidification	Non	Dépassement signalé, mais très peu de données disponibles permettant une évaluation
<b>Autres écosystèmes</b>		
Dépassement du niveau critique de O <sub>3</sub>	Non	Pas de données disponibles permettant une évaluation
Dépassement de la charge critique pour l'eutrophisation	Non	Dépassement signalé, mais pas de données disponibles permettant une évaluation
Dépassement de la charge critique pour l'acidification	Non	Dépassement signalé, mais très peu de données disponibles permettant une évaluation

Effet	Quantifié ?	Observations
<p><b>Signes visibles</b></p> <p>Modifications d'ordre esthétique</p>	Oui	<p>Très incertaines dans le contexte du peu d'inquiétude témoignée en Europe.</p> <p>Evaluation fondée sur des données en provenance des Etats-Unis</p>

7. Les effets sur la santé des expositions de courte durée à la pollution semblent avoir été traités assez complètement, contrairement peut-être à ceux des expositions de longue durée qui n'ont pu l'être, faute de données. Les effets sont classés comme étant "aigus" ou "chroniques". Les effets aigus sont ceux qu'entraîne l'exposition de courte durée à la pollution atmosphérique. Les effets chroniques sont dus à une exposition pendant plusieurs années (et non plusieurs jours). Les effets les plus importants sont liés à la concentration des particules fines ( $MP_{10}$ ). En ce qui concerne l'analyse du scénario, les particules dont il faut le plus tenir compte sont les particules dites secondaires, telles que le sulfate d'ammonium ou le nitrate d'ammonium. Ces particules ne sont pas émises directement par les sources de combustion ou par d'autres activités. Elles se forment suite aux effets de chimie atmosphérique sur les polluants précurseurs ( $SO_2$ ,  $NO_x$  et  $NH_3$ ). L'ozone semble bien également avoir des effets sur la santé, ces effets s'ajoutant à ceux des particules.

8. Les effets de la pollution sur l'agriculture ont de même été traités assez complètement, bien qu'à nouveau il subsiste des incertitudes. Les sources d'erreur possibles sont détaillées ci-après. Certaines d'entre elles sont susceptibles de conduire à une surévaluation des dommages, d'autres à une sous-évaluation.

9. L'évaluation des dommages matériels est axée sur les effets des dépôts acides. Les dommages y afférents sont faibles comparés à ceux qui concernent la santé et l'agriculture. Les effets sur les bâtiments d'intérêt culturel et ceux de l'ozone sur les polymères n'ont pas été inclus dans cette étude, faute de données sur les effets et l'évaluation.

10. Les dommages causés aux forêts par l'ozone sont inclus, bien que la démarche utilisée soit loin d'être satisfaisante. Les fonctions de réaction à l'exposition utilisées et la fonction d'évaluation, nécessairement simpliste, peuvent en particulier faire l'objet de critiques. Une démarche plus sophistiquée d'évaluation de la forêt n'est actuellement pas possible à cause du manque de modèles appropriés de croissance des forêts. Au vu de l'évaluation insuffisante des effets, une démarche d'évaluation fondée sur un scénario n'est pas justifiée. Les résultats indiquent que la réduction du rendement forestier semble devoir être beaucoup moins importante que les effets sur l'agriculture.

11. La perte d'attrait esthétique due aux effets visibles des émissions a été quantifiée à l'aide de données d'évaluation qui avaient été publiées aux États-Unis, indiquant que des améliorations appréciables pourraient être

obtenues. Toutefois, comme il était très incertain que les données américaines puissent être transférées, on n'a pas jugé approprié d'inclure ces résultats en vue de justifier la réduction des émissions en Europe.

12. Un certain nombre d'effets des polluants considérés ici n'ont pas été examinés dans ce rapport, à cause du manque de données en un point de la chaîne analytique (voir le tableau 1). Les effets qui peuvent être importants du point de vue économique sont notamment ceux sur les écosystèmes, les retombées économiques secondaires dues à la modification du rendement agricole et aux dommages causés aux matériaux, et les effets chroniques possibles de l'ozone sur la santé. De telles omissions conduisent à une sous-évaluation globale des avantages.

## 2. Sources de données

13. Les données sur les ressources et les biens exposés proviennent de diverses sources. La source principale est la base de données relative à l'utilisation des sols gérée par l'Institut national pour la protection de la santé et de l'environnement des Pays-Bas (RIVM). Les catégories contenues dans cette base de données sont toutefois généralement trop vastes pour être appliquées directement à l'étude, et des données supplémentaires ont été nécessaires. Un aperçu des données sur les ressources et les biens exposés est donné ci-après :

Ensemble de données du RIVM	Utilisé pour :	Données supplémentaires
Population	Effets sur la santé	Population de la Bosnie-Herzégovine Structure de la population selon l'âge Fréquence de l'asthme Taux de mortalité
	Dommages matériels	Inventaires des bâtiments et de l'utilisation des matériaux
	Changements visibles	Néant
Utilisation des sols	Dommages causés aux cultures	Données sur le rendement des cultures selon l'espèce
	Dommages causés aux forêts	Données sur le rendement forestier pour les bois de conifères et de feuillus
	Dommages causés aux écosystèmes	Non nécessaires

14. Le modèle utilisé pour l'évaluation des avantages, fondé sur le quadrillage de l'EMEP à mailles de 150 km x 150 km, permet d'analyser les effets des polluants sulfureux/azotés et de l'ozone sur la santé publique,

les matériaux, les cultures, les forêts, les écosystèmes et les signes visibles. Les données sur la qualité de l'air sont calculées à partir des évaluations d'émissions générées pour chaque scénario par le modèle régional pour l'information et la simulation en matière d'acidification (RAINS) de l'IIASA. Ces évaluations sont multipliées par des facteurs de transfert pays-maille calculés à partir des résultats du modèle de l'EMEP pour tous les polluants sauf l'ozone. Pour ce dernier, les données sont obtenues à l'extérieur, à l'aide des résultats du Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O).

15. La principale source pour les fonctions de réaction à l'exposition est le projet ExternE. Dans le cas des dommages matériels, ces fonctions sont fondées sur les travaux effectués dans le cadre du Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux (PIC-matériaux), d'où proviennent aussi la plupart des données sur les ressources et les biens exposés. Le niveau critique est employé pour les fonctions appliquées à l'évaluation des dommages causés aux cultures, mais la méthode suivie est grossière et n'est pas complètement compatible avec les recommandations faites par le Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique et d'autres phénomènes perturbateurs sur les cultures et les végétaux non ligneux (PIC-cultures).

16. Les données d'évaluation proviennent du projet ExternE et d'autres sources qui n'étaient pas disponibles à temps pour figurer dans le dernier rapport sur la méthodologie du projet. Pour calculer les effets sur le rendement des cultures, on a utilisé les prix sur le marché mondial plutôt que les données nationales sur les coûts, afin d'éviter, dans la mesure du possible, les distorsions qui résultent des interventions sur les marchés. La production du bois a aussi été évaluée sur la base des prix sur le marché international. Dans les deux cas, on a employé le même ensemble de valeurs pour tous les pays.

17. Les dommages causés à d'autres récepteurs, tels que la santé, les matériaux et l'attrait esthétique (réduction de la portée visuelle), ont été évalués de deux manières pour tenter de tenir compte des disparités de revenus en Europe. Le premier ensemble de calculs, qui n'est pas présenté ici mais qui l'est dans l'étude, est fondé sur une moyenne européenne, corrigée de la parité de pouvoir d'achat (PPA) et pondérée par le nombre des habitants de chaque pays. Par souci de cohérence, la moyenne a été limitée aux pays appartenant à la zone géographique utilisée dans le modèle de l'EMEP et le modèle RAINS. N'ont pas été retenus des pays tels que l'Arménie, le Canada, Chypre, les États-Unis et l'Islande. Pour l'autre ensemble de calculs présenté dans ce rapport, on a employé les chiffres du projet ExternE pour les États membres de la Communauté européenne (CE), tandis que pour chacun des autres pays on a ajusté les coûts sur la base de la PPA. Dans la plupart des pays, les valeurs unitaires sont inférieures à la moyenne de la CE, sauf en Norvège et en Suisse où elles sont supérieures. Dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, cette démarche semble n'être pas sujet à controverse, la relation entre la fortune, le niveau des émissions et les niveaux probables des effets n'étant pas tellement évidente. Dans le cas des polluants dont l'action se situe à l'échelle régionale plutôt que mondiale, les pays dont le nombre d'émissions est élevé sont ceux qui probablement subissent la plupart des dommages causés par ces émissions.

### 3. Scénarios

18. Six scénarios communs, fondés sur les travaux d'évaluation effectués par l'IIASA, ont été présentés dans le rapport par l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée (EB.AIR/WG.5/1998/3 et Add.1). Dans trois d'entre eux (G5/1, G5/2 et G5/3; on n'a pas retenu ceux dont les niveaux d'ambition étaient variés), on a évalué les avantages économiques. Les résultats sont comparés au scénario de référence (REF) qui tient compte de la législation existante et des réductions des émissions programmées jusqu'à l'an 2010. Les avantages des changements progressifs depuis 1990 par rapport au REF sont aussi quantifiés. Les objectifs environnementaux fixés au cours de l'optimisation effectuée par l'IIASA pour les trois scénarios évalués ici sont les suivants :

	Caractère faiblement ambitieux (G5/1)	Caractère moyennement ambitieux (G5/2)	Caractère hautement ambitieux (G5/3)
<b>Acidification</b>			
Réduction des écarts pour l'acidité excédentaire accumulée	90 %	95 %	95 %
Réduction des écarts pour l'acidité excédentaire accumulée en Norvège	80 %	85 %	90 %
Dépôts excédentaires maximaux pour les 2 % des écosystèmes les plus sensibles	(900 éq/ha)	(850 éq/ha)	800 éq/ha
<b>Ozone en rapport avec la santé</b>			
Réduction des écarts pour l'AOT60	60 %	67 %	70 %
AOT60 maximal, à atteindre durant 4 des 5 années	3 ppm.h	2,9 ppm.h	2,7 ppm.h
<b>Ozone en rapport avec la végétation</b>			
Réduction des écarts pour l'AOT40	30 %	33 %	35 %
AOT40 excédentaire maximal moyen sur 5 ans	10,5 ppm.h	10 ppm.h	9,5 ppm.h
<b>Eutrophisation</b>			
Réduction des écarts pour les dépôts excédentaires accumulés d'azote	55 %	60 %	67 %

#### **4. Analyse des incertitudes et des sensibilités**

19. Il subsiste à l'évidence de nombreuses incertitudes dans l'analyse. L'examen des erreurs qui pourraient y être faites a permis de recenser les principales sensibilités suivantes :

- Questions relatives à l'évaluation de la mortalité en général;
- Prévission des modifications d'exposition à l'aide du modèle de l'EMEP;
- Influence des facteurs météorologiques et d'autres facteurs sur les évaluations des modifications du rendement des cultures;
- Omission des effets sur les écosystèmes, des effets chroniques possibles de l'exposition à l'ozone sur la morbidité, des effets économiques indirects dus à la diminution du rendement agricole, etc.

20. L'existence d'incertitudes importantes rend l'interprétation des résultats de l'étude difficile. Diverses techniques ont été employées pour tenter de résoudre cette question d'une manière transparente. La discussion se limite ici aux facteurs qui pourraient introduire des erreurs systématiques dans l'analyse. Le détail des techniques statistiques utilisées dans cette étude n'est pas présenté.

21. Le modèle atmosphérique de l'EMEP est conçu pour évaluer les taux de dépôt sur les récepteurs ruraux. Bien que le quadrillage à mailles de 150 km soit plus grossier qu'il ne serait souhaitable, l'imprécision introduite par cette résolution est limitée parce que ces récepteurs sont généralement éloignés des plus grandes sources de pollution. Même pour les récepteurs urbains, les problèmes peuvent ne pas être trop importants. Lorsque les émissions proviennent de sources ponctuelles situées bien au-dessus du sol et en dehors des zones urbaines (ce qui est le cas de certaines grandes centrales électriques), les approximations du modèle peuvent être relativement bonnes. Et pour certains polluants secondaires (par exemple, les aérosols acides), la vitesse de formation est faible, de sorte que les effets à courte portée peuvent être petits par rapports aux effets à longue portée, même lorsque le précurseur est émis dans des zones à haute densité de récepteurs.

22. Le modèle de l'EMEP ne permet toutefois pas de reproduire les concentrations urbaines des polluants primaires au niveau du sol. La relation réelle entre les concentrations de ces polluants provenant d'émissions près du sol dans les zones urbaines est sensiblement sous-évaluée, tant parce que la moyenne horizontale est tellement grossière que la résolution pour la zone urbaine en est mauvaise, que parce que les hypothèses du modèle concernant le mélange vertical immédiat dans l'ensemble de la couche limite ne sont pas correctes dans ce cas. Les résultats des approximations sous-évaluent donc sensiblement les effets sur les récepteurs urbains des polluants primaires émis près du sol dans les zones urbaines. La population étant concentrée dans les zones urbaines, cet effet sera très prononcé en ce qui concerne les incidences sur la santé

humaine. Toutefois, la plupart des effets sur la santé abordés dans le présent document sont dus aux polluants secondaires (principalement les aérosols acides), et les résultats globaux pourraient donc n'être pas trop faussés. Les effets directs de SO<sub>2</sub> sur la santé et les matériaux sont vraisemblablement sous-évalués.

23. L'utilisation du modèle de l'EMEP pour l'évaluation des niveaux urbains d'ozone pose des problèmes analogues. La comparaison des prédictions du modèle avec les données de surveillance de l'ozone montre que l'accord est convenable pour les sites ruraux, mais que pour les sites dans les zones urbaines les concentrations d'ozone peuvent être "surévaluées" de manière appréciable. La raison en est bien comprise. La plupart des NO<sub>x</sub> est émise sous la forme de monoxyde d'azote, NO, qui contribue à la diminution de l'ozone à courte distance en formant le NO<sub>2</sub>. Cette réaction de titrage de l'ozone est incorporée dans le scénario de chimie de l'ozone du modèle de l'EMEP. Toutefois, une grande partie de ce processus aura lieu à une échelle inférieure à celle de la maille, avant que le mélange ne soit réalisé sur toute la hauteur de la couche limite dans les zones à très fortes densités d'émission. Les modèles dont la résolution correspond au quadrillage de l'EMEP ne rendent donc pas compte correctement de l'amplitude de la diminution de l'ozone au niveau du sol dans les zones urbaines. Il est aussi évident que les émissions d'une haute cheminée et celles qui ont lieu au niveau du sol peuvent avoir des effets différents. Le problème est peut être important pour l'évaluation des effets sur les récepteurs urbains, en particulier sur la santé humaine. Cette erreur peut toutefois être neutralisée par la présence de polluants primaires qui sont systématiquement sous-évalués dans le modèle de l'EMEP.

24. Il semble que dans le modèle de l'EMEP les concentrations des particules secondaires pourraient être surévaluées en Europe centrale, alors qu'elles pourraient dans une certaine mesure être sous-évaluées dans d'autres régions, le bilan global semblant être une surévaluation des effets dus à cette erreur. On ignore jusqu'à quel point les différentes erreurs faites au cours de la modélisation de la qualité de l'air peuvent se neutraliser. Une analyse systématique de ces erreurs, qui ne rentrerait pas dans le cadre de la présente étude, serait évidemment profitable.

25. L'introduction de fonctions reliant la mortalité à l'exposition aiguë à l'ozone et à l'exposition chronique aux particules fines fait l'objet d'une controverse. Une évaluation statistique des incertitudes relatives aux différents effets sur la santé a été présentée dans un précédent rapport (paragraphe 14 du document EB.AIR/WG.5/R.97). La question la plus contestée, en ce qui concerne les effets sur la santé, a trait aux seuils. Pour de nombreux polluants, il existe clairement un seuil au niveau des individus, en ce sens que la plupart des personnes ne risquent pas vraiment de subir de graves effets aigus sur la santé pour les niveaux ambiants actuels de la pollution atmosphérique. L'existence d'un seuil au niveau de la population n'est toutefois pas bien prouvée; il semble en effet que, pour une population importante, même à de faibles concentrations ambiantes, certaines personnes vulnérables sont parfois exposées à des concentrations qui ont un effet nocif. Cette observation a d'abord été faite dans le contexte des particules ambiantes, pour lesquelles la notion d'"absence de seuil" est maintenant assez bien établie. De manière analogue, il n'est pas prouvé qu'un seuil existe en ce qui concerne les effets aigus de l'ozone. Il subsiste des craintes au sujet d'une surévaluation possible des résultats qui ne tiennent pas explicitement compte des seuils.

26. La démarche correcte qui a été suivie pour évaluer les cas de mortalité prématurée fait aussi l'objet d'une controverse, étant donné que dans beaucoup ou peut-être la plupart des cas qui présentent un risque accru de mortalité prématurée liée à l'exposition de courte durée à la pollution atmosphérique, l'espérance de vie est de toute manière très limitée, et que la pollution atmosphérique ne sera que rarement le principal facteur déterminant en ce qui concerne l'âge de la mort. Deux démarches sont en cours d'étude : l'une où l'évaluation est fondée sur la notion de "valeur de vie statistique" (VVS), l'autre qui est fondée sur la notion de "valeur des années de vie" (VAV). À sa treizième réunion, considérant que la démarche VAV était fondée sur des méthodes inappropriées, l'Équipe spéciale était convenue d'employer la démarche VVS (EB.AIR/WG.5/1998/2). Elle poursuivra toutefois l'examen de cette question. L'étude prévoit une VVS de 2 millions d'écus. Une variante de la démarche VAV peut être celle qui consiste à utiliser une VVS ajustée et plus réduite. Cette variante pourrait fournir un résultat proche de celui qui est obtenu en appliquant la VAV. Afin d'examiner cette question, il faudra procéder à une analyse séparée des sensibilités.

27. Il subsiste aussi des incertitudes concernant l'évaluation des dommages matériels. On a recensé les points suivants comme faisant partie des priorités en matière de recherche :

a) Amélioration des inventaires, en particulier; introduction des données propres à chaque pays, dans toutes les parties de l'Europe; classification détaillée dans l'inventaire des peintures afin de décrire le type de peinture utilisée; classification détaillée dans l'inventaire de l'acier galvanisé afin de mentionner les différents usages (ce qui a été partiellement tenté ici, bien que de façon quelque peu indirecte); subdivision des pierres calcaires en grès, pierres à chaux, etc. En outre, il faudrait rechercher des solutions de rechange à l'extrapolation de l'inventaire des bâtiments à partir des données sur la population;

b) Poursuite de l'élaboration des fonctions de réponse aux doses, en particulier pour les peintures, le mortier, les enduits de ciment, et pour l'ozone;

c) Évaluation de la dynamique d'exposition des surfaces d'aspects différents (horizontales, inclinées ou verticales), et détermination de la mesure dans laquelle on peut considérer que les différents matériaux sont protégés;

d) Définition de la durée de vie des pierres, du béton et de l'acier galvanisé;

e) Incorporation de meilleures informations sur les techniques de réparation;

f) Amélioration des connaissances relatives à la réponse humaine aux besoins d'entretien.

Bien que cette liste d'incertitudes soit importante, on aurait tort d'en conclure que les effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux de construction sont mal connus. En effet, le contraire peut être vrai;

parce que beaucoup de choses sont connues en ce qui concerne les dommages causés aux matériaux, il est possible de préciser les incertitudes d'une manière plus détaillée que pour les autres dommages dont on sait moins de choses. Certaines de ces incertitudes conduiront à une sous-évaluation des effets, d'autres à une surévaluation. Les facteurs affectant l'acier galvanisé sont un sujet de grande préoccupation, les dommages qui lui sont causés représentant une part importante de l'ensemble des dommages matériels. Toutefois, un certain nombre de secteurs qui pourraient être importants (les plus importants sont mentionnés dans le tableau 1) n'ont pas été retenus dans l'analyse, par manque de données disponibles. En général, l'incorporation de ces facteurs devrait conduire à une évaluation plus importante des effets. On reproche parfois aux évaluations des dommages causés à l'acier galvanisé de s'appuyer sur des inventaires des ressources et des biens exposés qui ne font pas de distinction entre l'acier galvanisé et les autres matériaux tels que les gaines de plastique. Les sources d'information qui ont été utilisées ici pour l'évaluation relative à l'acier galvanisé permettent d'éviter ce piège.

28. En l'absence d'orientation claire, on a évalué ces questions au moyen d'une analyse des sensibilités. On a utilisé une analyse stratifiée des sensibilités pour présenter ci-après les résultats globaux de l'analyse des coûts-avantages. Ces résultats ont été classés d'après les réponses fournies par les experts du Royaume-Uni à un questionnaire sur les incertitudes perçues concernant les différentes catégories de dommages. Dans la présentation des résultats, on a ajouté successivement les différentes catégories, en commençant par celles pour lesquelles les incertitudes perçues étaient les plus faibles, pour mettre l'accent sur ces effets et détourner l'attention des effets extrêmement incertains. Étant donné la signification possible des incertitudes dans ce domaine, on a aussi indiqué parmi les résultats l'effet produit par la complète exclusion de la mortalité.

#### **B. Estimation des avantages pour différentes catégories de dommages**

29. On interprétera les résultats de l'étude en ayant à l'esprit les incertitudes présentées ci-dessus. Une liste détaillée des incertitudes entachant chaque catégorie de dommages est présentée dans l'étude, mais il n'en est pas rendu compte ici. Les résultats calculés correspondent au passage depuis les niveaux d'émission de 1990 aux niveaux découlant du scénario REF. Pour les scénarios optimisés (G5/1, G5/2 et G5/3), le scénario REF est considéré comme la base de départ. Tous les résultats donnés se rapportent à des avantages annuels en l'an 2010. Les prix sont exprimés en écus de 1990 par souci d'uniformité avec le produit du modèle RAINS. Les résultats présentés ici appliquent une évaluation par pays et, pour la mortalité, l'approche VVS. Dans l'étude, on applique aussi une évaluation fondée sur une moyenne pour la région tout entière et la mortalité y est également évaluée selon l'approche VAV.

30. Le tableau 2 indique les impacts sur la mortalité en termes physiques (cas de mortalité prématurée) pour une exposition à court terme (aiguë) à l'ozone et aux particules et en années de vie perdues du fait d'une exposition chronique aux particules fines. Le tableau 3 traduit les mêmes impacts après une évaluation selon l'approche VVS. Le tableau 4 donne les avantages découlant du changement estimé quant à l'incidence de diverses conditions de morbidité.

31. Le tableau 5 présente les avantages d'une réduction des dommages causés aux matériaux ainsi qu'une estimation des avantages que retirerait l'agriculture d'une réduction des dommages aux cultures. Enfin, on trouvera au tableau 6 une estimation des avantages annuels, du point de vue de la production de bois et de pâte, d'une réduction des dommages aux forêts, ainsi qu'une estimation des avantages découlant d'une amélioration de la visibilité.

### **C. Comparaison des avantages et des coûts**

32. Dans l'analyse des avantages, les impacts les plus importants sont ceux qui s'exercent sur la santé de l'homme et les cultures. Les effets sur la productivité des forêts et les matériaux sont négligeables par comparaison, tandis que les retombées sur les écosystèmes n'ont pas été chiffrées faute de données d'évaluation.

33. Les avantages d'une réduction des retombées sur l'agriculture compensent à eux seuls une bonne partie des coûts totaux. Les effets sur le secteur agricole sont complexes car les dépôts de soufre et d'azote peuvent favoriser la croissance végétale tandis que l'ozone produit le résultat contraire. Globalement parlant, l'effet négatif de l'ozone l'emporte très largement sur les avantages de la fertilisation par le soufre et l'azote.

34. Les coûts et les avantages sont comparés dans le tableau 7 ci-après. Les résultats du tableau 7 a) utilisent une évaluation de la mortalité basée sur la valeur d'une vie statistique (VVS), tandis que ceux du tableau 7 b) se réfèrent à la valeur d'une année de vie (VAV). Les avantages sont exprimés sous forme cumulée, par l'agrégation séquentielle des résultats correspondant à des groupes de type d'impacts, selon une hiérarchisation du degré de confiance établie par des experts du Royaume-Uni en 1997. Le groupe I correspond aux effets dont le résultat présentait le degré de confiance le plus élevé aux yeux des répondants à un questionnaire; le groupe V se situait à l'autre bout du classement. Les groupements étaient les suivants :

a) Groupe I : dommages matériels (à l'exclusion des dommages aux peintures); fertilisation azotée des cultures; effets aigus sur la mortalité (approche VAV); morbidité (à l'exclusion des journées d'activité limitée et des bronchites chroniques);

b) Groupe II : journées d'activité limitée; dommages causés aux peintures; effets de l'ozone et du SO<sub>2</sub> sur les cultures;

c) Groupe III : effets aigus sur la mortalité (approche VVS); effets chroniques sur la bronchite;

d) Groupe IV : effets de l'ozone sur les forêts; effets chroniques sur la mortalité (approche VAV);

e) Groupe V : effets chroniques sur la mortalité (approche VVS); altération de la visibilité.

Tableau 7 a) : Coûts et avantages (en millions d'écus/an) de chaque scénario, avec évaluation de la mortalité selon l'approche VVS

Scénario	Avantages cumulés					Coûts
	Groupe I	+ Groupe II	+ Groupe III	+ Groupe IV	+ Groupe V	
REF	3 740	14 970	96 270	96 900	213 050	64 255
G5/1 <sup>*/</sup>	340	3 410	17 530	17 735	34 465	4 916
G5/2 <sup>*/</sup>	620	4 660	26 540	26 790	55 745	9 692
G5/3 <sup>*/</sup>	720	6 140	34 490	34 820	73 940	17 823

Tableau 7 b) : Coûts et avantages (en millions d'écus/an) de chaque scénario, avec évaluation de la mortalité selon l'approche VAV

Scénario	Avantages cumulés					Coûts
	Groupe I	+ Groupe II	+ Groupe III	+ Groupe IV	+ Groupe V	
REF	5 460-	16 690	29 190	132 000	137 960	64 255
G5/1 <sup>*/</sup>	645	3 720	5 495	20 205	21 255	4 916
G5/2 <sup>*/</sup>	1 090	5 130	8 200	33 540	35 390	9 692
G5/3 <sup>*/</sup>	1 330	6 745	10 880	49 010	47 580	17 823

\*/ Avantages et coûts par rapport au scénario de référence REF.

35. La zone en grisé de chaque tableau dénote les groupes nécessaires pour que les avantages dépassent les coûts dans chaque scénario. Dans tous les cas, les moins certains des effets quantifiés ne sont pas nécessaires pour que les avantages dépassent les coûts. L'information présentée au tableau 7 a) est reprise pour chaque pays couvert par l'analyse dans les tableaux 8 a) à d) et pour les quatre scénarios. Dans ces derniers tableaux, on s'est contenté d'indiquer les résultats pour une évaluation de la mortalité selon l'approche VVS et des évaluations par pays. Dans l'étude, les résultats ont été également calculés pour une évaluation de la mortalité selon l'approche VAV et des évaluations moyennes.

36. En combinant différentes hypothèses au sujet des différents éléments de la liste des incertitudes, on peut obtenir des estimations totales des avantages inférieures aux coûts des scénarios considérés. L'analyse ne prouve donc pas avec une certitude raisonnable que les avantages dépasseraient les coûts, mais il importe de garder à l'esprit que de nombreux effets n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Ces effets sont la plupart du temps cumulés avec ceux qui sont indiqués au tableau 9. S'agissant de la pollution atmosphérique transfrontière en Europe, on s'est surtout inquiété, au départ, des dommages causés aux écosystèmes et au patrimoine culturel, notamment aux ouvrages en pierre - ce qui laisse supposer la valeur que l'on accorde à ces derniers, du moins étant donné le degré actuel d'émission de polluants, et donc le risque d'agression. Des réductions substantielles du dépassement de l'acidification des écosystèmes pourront être obtenues par le scénario REF, le pourcentage d'écosystèmes exposés passant d'environ 16 % à 3 % dans

l'ensemble de l'Europe. Malgré ce résultat, les niveaux de dépassement global resteront élevés dans plusieurs pays, notamment en Allemagne, en Belgique, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni (dans tous les cas, le dépassement touchera plus de 12 % des écosystèmes, voir le document EB.AIR/WG.5/1998/3/Add.1, tableau 23, pour plus de détails). De même, la distribution inégale des dépassements entre les pays signifie que certains types d'écosystème risquent de rester fortement exposés, même si le taux de dépassement global à l'intérieur d'un même pays paraît faible. La situation de l'eutrophisation semble plus grave. Des taux élevés de dépassement ont été relevés dans plusieurs pays même dans le scénario très ambitieux (voir EB.AIR/WG.5/1998/3/Add.1, tableau 24).

37. L'effet d'autres incertitudes telles que l'exagération éventuelle des avantages au plan de la mortalité (absence de seuil d'ozone dans l'analyse de base, hypothèses au sujet de la nocivité de différentes fractions de particules, etc.) n'amène pas nécessairement à surestimer les avantages.

38. Enfin, on fera observer que les estimations de coût établies par l'IIASA sont elles aussi entachées d'incertitudes. Il existe une idée répandue selon laquelle les estimations de coût de l'IIASA sont trop élevées car le modèle RAINS ne tient pas compte de mesures structurelles telles que les économies d'énergie, qui peuvent être plus rentables que les options technologiques retenues. Il importe de noter que les courbes de coût de l'IIASA ont été mises au point pour permettre une comparaison des coûts entre les pays, le but étant de parvenir à une stratégie antiémissions économique pour l'Europe. Ces courbes n'ont pas été conçues pour être exploitées dans une comparaison avantage-coûts. Un expert norvégien a présenté à l'Équipe spéciale une note dans laquelle il soulignait que l'évolution structurelle et technologique n'est pas prise en considération dans les courbes de coût du modèle RAINS de manière à permettre d'interpréter les calculs des niveaux absolus de coût. Ainsi, toute décision politique tendant à appuyer les efforts de réduction des émissions de certains polluants entraînera des changements tant structurels que technologiques qui ne peuvent être anticipés dans la modélisation actuelle. Ces effets devront être examinés par une analyse de sensibilité plus poussée.

39. Il est certes intéressant de voir si les avantages dépassent les coûts, mais le plus utile, d'un point de vue économique, est d'observer le rapport avantages-coûts. Cette valeur est indiquée au tableau 9 pour les quatre scénarios considérés. Dans ce tableau, les avantages et les coûts sont indiqués et utilisés pour le calcul de ce taux, tandis que dans les tableaux 7 et 8, qui concernent les scénarios G5/1 à 3, seul le surcoût par rapport au scénario REF est indiqué. Le calcul des avantages tient compte de toutes les catégories de dommages. Le tableau 9 a) donne les résultats d'une évaluation de la mortalité basée sur l'approche VVS tandis que le tableau 9 b) se fonde sur l'approche VAV.

Tableau 9 a) Rapports avantages/coûts pour les quatre scénarios, avec évaluation de la mortalité selon l'approche VVS

Scénario	Avantages totaux en millions d'écus/an	Coûts totaux en millions d'écus/an	Rapport avantages/coûts
REF	213 050	64 255	3,32
G5/1	247 512	69 171	3,58
G5/2	268 795	73 947	3,64
G5/3	286 988	82 078	3,50

Tableau 9 b) Rapports avantages/coûts pour les quatre scénarios, avec évaluation de la mortalité selon l'approche VAV

Scénario	Avantages totaux en millions d'écus/an	Coûts totaux en millions d'écus/an	Rapport avantages/coûts
REF	137 961	64 255	2,15
G5/1	159 214	69 171	2,30
G5/2	173 348	73 947	2,34
G5/3	185 545	82 078	2,26

40. Indépendamment de l'approche retenue pour l'évaluation, le rapport avantages/coûts plafonne avec le scénario G5/2. Étant donné les incertitudes qui entachent l'analyse - incertitudes que nous avons examinées plus haut - notamment le fait que la protection des écosystèmes, qui a été le principal objectif des scénarios, n'est pas incorporée dans l'étude des avantages tandis que d'autres catégories plutôt incertaines telles que la visibilité sont, elles, prises en compte, on ne devrait pas surestimer ce résultat. Néanmoins, la comparaison des coûts et des avantages donne à penser que même en excluant les dommages aux écosystèmes, les avantages dépassent de très loin les coûts et que le rapport entre ces deux valeurs est supérieur aux résultats de la plupart des analyses coûts-avantages. La conclusion selon laquelle l'investissement dans la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et des concentrations d'ozone est très rentable d'un point de vue social s'en trouve ainsi confortée.

#### **D. Conclusions**

41. Après avoir débattu des résultats présentés (le rapport sur l'étude n'était pas encore disponible au moment de la réunion), l'Équipe spéciale est parvenue aux conclusions suivantes :

a) Étant donné les hypothèses sur lesquelles reposait l'étude, les avantages totaux, en termes monétaires, pour toute l'Europe dépasseront vraisemblablement les coûts totaux pour les trois scénarios, même en tenant compte des incertitudes quant aux paramètres. Cela ne signifie pas que ces scénarios soient optimaux;

b) La première conclusion est encore plus solide lorsque l'on estime les avantages pour l'ensemble de l'Europe au lieu de limiter l'analyse à l'Europe occidentale;

c) Il se trouvera dans la plupart des cas des pays dans lesquels, soit du fait d'avantages faibles (à la périphérie de la zone de modélisation), soit en raison de coûts élevés (au centre de la zone de modélisation), les avantages ont peu de chances de dépasser les coûts.

**Tableau 2. Baisse de la mortalité prématurée provoquée par une exposition à court terme (aiguë) à l'ozone et aux particules secondaires et réduction du nombre d'années perdues en raison d'une exposition chronique aux particules**

Pays	Cas de mortalité prématurée (exposition aiguë)				Années de vie perdues (exposition chronique)			
	Total	Par rapport au scénario REF (majoration)			Total	Par rapport au scénario REF (majoration)		
	REF	G5/1	G5/2	G5/3	REF	G5/1	G5/2	G5/3
Albanie	140	31	59	77	6100	1300	2600	3100
Autriche	1000	180	300	380	48000	7800	13000	17000
Bélarus	480	92	140	200	22000	3700	6200	8400
Belgique	1000	210	300	360	53000	8600	14000	18000
Bosnie-Herzégovine	280	64	120	150	12000	2600	5100	6000
Bulgarie	480	130	230	310	23000	5600	11000	14000
Croatie	380	87	150	200	17000	3600	6400	7800
République tchèque	690	110	180	230	34000	4500	8100	10000
Danemark	210	30	49	70	11000	1200	2300	3300
Estonie	44	7	10	14	1900	240	410	570
Finlande	100	12	20	28	4100	400	700	1000
France	4400	950	1300	1600	200000	35000	55000	71000
Allemagne	8200	1200	1800	2300	410000	47000	87000	110000
Grèce	260	57	110	150	11000	2300	5000	6200
Hongrie	530	160	250	310	25000	6900	11000	13000
Irlande	89	13	16	26	4500	450	710	1300
Italie	3900	790	1400	1600	180000	33000	60000	69000
Lettonie	80	13	20	28	3500	490	830	1100
Lituanie	130	25	38	51	6100	990	1600	2200
Luxembourg	250	48	67	84	12000	1800	3000	3800
Pays-Bas	2000	340	480	590	110000	14000	25000	33000
Norvège	82	12	20	33	3700	400	780	1300
Pologne	3300	670	1100	1400	170000	29000	50000	64000
Portugal	250	46	72	120	10000	1400	2300	4600
République de Moldova	130	33	52	70	6300	1500	2400	3100
Roumanie	1500	490	750	1000	73000	22000	35000	45000
Fédération de Russie	3000	300	510	740	140000	12000	22000	33000
Slovaquie	360	87	130	180	18000	3800	6200	7700
Slovénie	160	31	52	66	7400	1300	2400	2800
Espagne	1300	210	360	570	54000	7300	13000	23000
Suède	340	51	84	120	16000	2000	3600	5300
Suisse	440	72	110	140	20000	3000	5100	6300
Ex-République de Macédoine	51	12	21	30	2500	530	1000	1300
Turquie	74	16	31	41	3400	680	1400	1800
Ukraine	2600	540	870	1200	130000	23000	39000	54000
Royaume-Uni	3400	620	770	1000	220000	22000	32000	58000
Yougoslavie	540	130	230	310	26000	5800	10000	13000
Communauté européenne	26000	4800	7200	9200	1300000	180000	320000	430000
Total	43000	7900	12000	16000	2100000	320000	550000	730000

**Tableau 3. Avantages d'une réduction de la mortalité provoquée par une exposition à court terme (aiguë) à l'ozone et aux particules secondaires et d'une exposition à long terme (chronique) aux particules secondaires**  
(en millions d'euros/an)

Pays	Cas de mortalité prématurée (exposition aiguë)				Années de vie perdues (exposition chronique)			
	Total	Par rapport au scénario REF (majoration)			Total	Par rapport au scénario REF (majoration)		
	REF	G5/1	G5/2	G5/3	REF	G5/1	G5/2	G5/3
Albanie	36	8	15	20	79	17	33	41
Autriche	2229	411	663	844	5279	854	1482	1860
Bélarus	245	48	72	100	577	97	160	217
Belgique	2215	466	639	785	5802	943	1515	2002
Bosnie-Herzégovine	95	22	40	53	212	44	87	103
Bulgarie	249	66	119	164	615	148	285	363
Croatie	279	65	112	147	631	134	238	292
République tchèque	730	113	186	242	1836	241	434	561
Danemark	475	66	109	153	1202	129	250	363
Estonie	24	4	6	8	51	6	11	16
Finlande	224	28	42	60	446	44	77	112
France	9780	2105	2959	3652	21725	3878	6102	7815
Allemagne	17966	2566	4055	5185	45493	5142	9614	12624
Grèce	590	126	244	326	1251	250	545	686
Hongrie	385	118	177	226	921	254	392	479
Irlande	196	28	38	59	497	49	78	139
Italie	8781	1741	2991	3557	19360	3600	6597	7587
Lettonie	31	5	8	11	68	9	16	22
Lituanie	51	10	15	20	120	20	33	44
Luxembourg	537	104	148	184	1266	196	325	416
Pays-Bas	4158	762	1042	1303	11663	1515	2700	3662
Norvège	198	29	48	78	446	48	94	152
Pologne	2211	443	701	906	5586	950	1645	2119
Portugal	557	100	158	255	1096	150	258	501
République de Moldova	46	12	18	24	109	25	41	54
Roumanie	734	239	367	510	1799	537	849	1095
Fédération de Russie	1622	164	278	410	3824	335	622	920
Slovaquie	385	92	144	184	953	202	330	412
Slovénie	121	23	39	49	278	49	88	106
Espagne	2935	466	788	1271	5914	800	1414	2494
Suède	756	111	183	263	1798	215	401	582
Suisse	1336	219	341	421	3038	449	771	957
Ex-République de Macédoine	13	3	6	8	32	7	13	17
Turquie	42	9	17	24	96	19	39	50
Ukraine	851	168	273	383	2047	357	621	854
Royaume-Uni	7566	1366	1706	2247	23752	2372	3497	6411
Yougoslavie	148	36	62	86	355	80	142	182
Communauté européenne	58967	10445	15764	20144	146542	20137	34855	47255
Total	68798	12341	18807	24218	170217	24165	41801	56310

Tableau 4. Avantages d'une réduction de la morbidité (en millions d'écus/an)

Pays	Total REF	Par rapport au scénario REF (majoration)		
		G5/1	G5/2	G5/3
Albanie	9	2	4	5
Autriche	629	97	170	210
Bélarus	69	11	18	25
Belgique	655	109	173	225
Bosnie-Herzégovine	25	5	10	12
Bulgarie	78	17	36	43
Croatie	74	15	28	33
République tchèque	230	27	50	64
Danemark	132	14	28	40
Estonie	6	1	1	2
Finlande	52	5	9	13
France	2474	434	690	879
Allemagne	5524	589	1090	1417
Grèce	140	28	61	76
Hongrie	111	30	46	55
Irlande	55	6	9	15
Italie	2180	395	734	837
Lettonie	8	1	2	2
Lituanie	14	2	4	5
Luxembourg	147	22	37	47
Pays-Bas	1327	177	304	406
Norvège	50	6	11	17
Pologne	693	112	199	250
Portugal	127	17	29	56
République de Moldova	13	3	5	6
Roumanie	219	63	101	127
Fédération de Russie	464	39	71	104
Slovaquie	117	24	39	48
Slovénie	33	5	10	12
Espagne	690	90	158	286
Suède	201	24	45	64
Suisse	344	50	86	106
Ex-République de Macédoine	4	1	2	2
Turquie	11	2	4	6
Ukraine	249	41	72	98
Royaume-Uni	2684	290	410	716
Yougoslavie	43	9	17	21
Communauté européenne	17016	2297	3946	5286
Total	19881	2762	4761	6329

Tableau 5. Avantages d'une réduction des dommages causés aux matériaux et aux cultures (en millions d'écus/an)

Pays	Dommages matériels				Dommages aux cultures			
	Total	Par rapport au scénario REF (majoration)			Total	Par rapport au scénario REF (majoration)		
	REF	G5/1	G5/2	G5/3	REF	G5/1	G5/2	G5/3
Albanie	0	0	0	0	6	2	3	5
Autriche	41	3	7	7	87	32	41	59
Bélarus	5	0	1	1	27	9	10	18
Belgique	35	7	10	12	48	44	32	26
Bosnie-Herzégovine	2	0	1	0	2	0	0	1
Bulgarie	6	1	3	3	67	37	42	94
Croatie	4	0	1	1	3	0	0	1
République tchèque	20	1	2	3	47	28	32	46
Danemark	6	0	1	1	53	17	20	28
Estonie	0	0	0	0	3	1	1	1
Finlande	3	0	0	0	7	1	1	2
France	85	7	19	24	1829	653	722	832
Allemagne	386	20	39	47	867	268	284	375
Grèce	4	0	2	2	134	37	51	87
Hongrie	6	1	2	2	148	83	113	176
Irlande	3	0	0	1	16	6	6	7
Italie	79	5	21	17	1531	402	590	790
Lettonie	0	0	0	0	4	1	1	2
Lituanie	1	0	0	0	6	1	1	2
Luxembourg	7	1	1	2	0	0	0	-1
Pays-Bas	85	12	17	20	45	83	46	32
Norvège	2	0	0	1	2	1	1	1
Pologne	71	7	17	18	342	161	161	252
Portugal	4	0	0	1	62	18	27	35
République de Moldova	1	0	0	0	-6	-2	-3	-2
Roumanie	14	3	5	5	68	41	51	114
Fédération de Russie	27	2	3	4	9	12	16	28
Slovaquie	9	1	2	2	93	47	64	91
Slovénie	2	0	1	0	4	1	1	2
Espagne	27	1	3	9	605	136	240	331
Suède	10	1	2	2	13	3	4	5
Suisse	14	1	2	3	109	23	30	38
Ex-République de Macédoine	0	0	0	0	0	0	0	0
Turquie	0	0	0	0	199	68	91	162
Ukraine	19	2	3	4	-54	15	10	32
Royaume-Uni	267	34	39	56	-36	83	75	22
Yougoslavie	3	0	1	1	-1	0	-1	1
Communauté européenne	1043	92	161	200	5261	1783	2138	2630
Total	1251	113	207	249	6338	2312	2763	3694

Tableau 6. Avantages du point de vue de la production de bois et de pâte d'une réduction des concentrations d'ozone et d'une amélioration de la visibilité (en millions d'écus/an)

Pays	Dommages aux forêts				Visibilité			
	Total	Par rapport au scénario REF (majoration)			Total	Par rapport au scénario REF (majoration)		
	REF	G5/1	G5/2	G5/3	REF	G5/1	G5/2	G5/3
Albanie	3	1	1	2	3	1	1	1
Autriche	56	15	20	27	188	39	69	89
Bélarus	0	0	0	0	25	5	8	11
Belgique	10	6	5	5	181	38	63	85
Bosnie-Herzégovine	0	0	0	0	7	2	4	4
Bulgarie	4	2	2	5	20	6	11	15
Croatie	0	0	0	0	22	6	10	13
République tchèque	8	4	5	6	54	9	17	23
Danemark	1	0	0	0	56	7	15	22
Estonie	0	0	0	0	3	0	1	1
Finlande	19	3	4	5	31	3	6	9
France	171	56	64	75	788	174	279	364
Allemagne	146	45	50	63	1357	204	394	530
Grèce	2	1	1	1	41	9	20	25
Hongrie	13	7	9	13	30	10	16	20
Irlande	0	0	0	0	38	5	7	13
Italie	30	8	11	14	639	143	269	313
Lettonie	0	0	0	0	4	1	1	1
Lituanie	0	0	0	0	6	1	2	2
Luxembourg	0	0	0	0	37	7	12	16
Pays-Bas	1	1	1	0	350	59	110	154
Norvège	5	1	2	2	30	4	7	12
Pologne	26	11	13	19	179	39	70	92
Portugal	15	4	6	8	45	7	12	23
République de Moldova	0	0	0	0	4	1	2	2
Roumanie	18	10	14	24	61	22	35	47
Fédération de Russie	0	0	0	0	181	17	32	48
Slovaquie	27	13	17	24	28	8	13	16
Slovénie	0	0	0	0	9	2	4	5
Espagne	29	6	10	14	245	37	66	118
Suède	27	6	8	11	93	13	24	36
Suisse	22	4	6	7	102	19	34	42
Ex-République de Macédoine	0	0	0	0	1	0	1	1
Turquie	1	0	0	1	4	1	2	2
Ukraine	0	0	0	0	74	15	27	38
Royaume-Uni	2	2	2	1	1011	130	194	373
Yougoslavie	0	0	0	0	12	3	6	8
Communauté européenne	510	153	182	225	5100	874	1540	2170
Total	636	206	250	327	5959	1045	1843	2575

Tableau 8 a) Coûts et avantages d'un passage des émissions de 1990 au scénario REF (en millions d'écus/an).  
La mortalité est évaluée selon l'approche VVS. Les cases en grisé correspondent aux avantages qui  
devront être additionnés si l'on veut que leur valeur globale dépasse celle des coûts

Pays	Groupes de catégories d'avantages (voir par. 34)					Coûts
	I	I+II	I+II+III	I+II+ III+IV	I+II+III+ IV+V	
Albanie	1	10	52	54	108	0
Autriche	126	370	2987	3043	6644	1061
Bélarus	9	59	346	346	744	0
Belgique	103	313	2954	2964	6907	1596
Bosnie-Herzégovine	3	13	123	123	268	1
Bulgarie	20	106	400	404	820	157
Croatie	12	35	360	360	790	53
République tchèque	62	162	1027	1035	2272	979
Danemark	11	103	666	667	1503	592
Estonie	0	6	34	34	70	0
Finlande	9	29	287	306	626	832
France	349	2792	14168	14339	29220	8277
Allemagne	1286	3435	24742	24889	55621	12922
Grèce	17	186	868	870	1724	1371
Hongrie	21	197	649	662	1287	586
Irlande	6	37	270	270	631	582
Italie	297	2369	12572	12602	25807	9391
Lettonie	0	8	44	44	92	0
Lituanie	1	12	72	72	156	0
Luxembourg	25	60	690	690	1547	94
Pays-Bas	229	601	5616	5616	13523	2220
Norvège	6	22	253	257	577	586
Pologne	179	695	3316	3343	7124	3299
Portugal	19	112	750	764	1520	1470
République de Moldova	2	2	54	54	128	0
Roumanie	47	169	1035	1053	2275	157
Fédération de Russie	67	220	2123	2123	4774	694
Slovaquie	29	149	604	631	1274	423
Slovénie	7	19	161	161	350	126
Espagne	116	888	4257	4286	8364	6320
Suède	27	91	980	1007	2267	1524
Suisse	50	243	1802	1824	3897	880
Ex-République de Macédoine	1	2	17	17	39	1
Turquie	1	204	253	253	320	1
Ukraine	34	62	1063	1063	2460	328
Royaume-Uni	559	1171	10482	10484	26885	7643
Yougoslavie	8	19	193	193	435	92
Total	3744	14968	96268	96903	213050	64255

Tableau 8 b) Coûts et avantages d'un passage des émissions de 1990 au scénario G5/1 (en millions d'écus/an).  
La mortalité est évaluée selon l'approche VVS. Les cases en grisé correspondent aux avantages qui  
devront être additionnés si l'on veut que leur valeur globale dépasse celle des coûts

Pays	Groupes de catégories d'avantages (voir par. 34)					Coûts
	I	I+II	I+II+III	I+II+ III+IV	I+II+III+ IV+V	
Albanie	0	2	12	13	24	1
Autriche	11	69	543	558	1151	60
Bélarus	-1	14	69	69	137	12
Belgique	19	91	626	631	1281	520
Bosnie-Herzégovine	0	2	27	27	58	2
Bulgarie	0	44	120	122	224	14
Croatie	0	5	81	81	173	7
République tchèque	3	39	170	173	339	80
Danemark	1	22	97	98	189	0
Estonie	0	1	5	5	10	0
Finlande	1	3	34	37	69	0
France	38	809	3199	3254	5949	746
Allemagne	80	499	3443	3488	7028	689
Grèce	2	47	191	192	363	1
Hongrie	0	96	232	239	413	574
Irlande	0	8	40	40	77	114
Italie	32	538	2544	2551	5035	212
Lettonie	0	1	7	7	14	0
Lituanie	0	2	13	13	27	3
Luxembourg	3	8	126	126	261	1
Pays-Bas	34	161	1035	1036	2077	349
Norvège	1	3	35	36	71	1
Pologne	12	210	723	734	1388	501
Portugal	2	24	134	138	242	28
République de Moldova	0	0	13	13	31	31
Roumanie	3	68	347	357	726	282
Fédération de Russie	1	27	216	216	450	36
Slovaquie	3	57	164	176	315	30
Slovénie	1	3	30	30	63	2
Espagne	9	168	694	700	1257	16
Suède	3	12	139	145	298	21
Suisse	5	41	293	298	609	3
Ex-République de Macédoine	0	0	4	4	9	1
Turquie	0	69	80	80	93	1
Ukraine	-7	31	225	225	472	39
Royaume-Uni	82	233	1773	1775	3440	496
Yougoslavie	0	3	45	45	100	43
Total	337	3412	17528	17734	34462	4916

Tableau 8 c) Coûts et avantages d'un passage des émissions de 1990 au scénario G5/2 (en millions d'écus/an).  
La mortalité est évaluée selon l'approche VVS. Les cases en grisé correspondent aux avantages qui  
devront être additionnés si l'on veut que leur valeur globale dépasse celle des coûts

Pays	Groupes de catégories d'avantages (voir par. 34)					Coûts
	I	I+II	I+II+III	I+II+ III+IV	I+II+III+ IV+V	
Albanie	0	4	22	23	46	1
Autriche	23	109	881	901	1931	84
Bélarus	0	18	102	102	214	12
Belgique	28	104	854	859	1904	1055
Bosnie-Herzégovine	1	5	52	52	111	24
Bulgarie	7	60	200	202	398	82
Croatie	2	11	141	141	306	76
République tchèque	8	53	271	276	574	205
Danemark	2	30	157	158	335	28
Estonie	0	1	8	8	16	0
Finlande	1	5	52	56	112	0
France	78	982	4389	4453	8694	1140
Allemagne	144	707	5469	5519	12149	2182
Grèce	7	74	357	358	732	2
Hongrie	2	132	338	347	617	760
Irlande	1	10	53	53	111	168
Italie	84	860	4336	4347	8902	514
Lettonie	0	2	11	11	22	0
Lituanie	0	3	20	20	43	4
Luxembourg	5	14	186	186	410	1
Pays-Bas	46	169	1409	1409	3270	931
Norvège	1	5	60	61	130	17
Pologne	34	256	1078	1091	2223	757
Portugal	3	38	214	220	400	71
République de Moldova	0	0	20	20	49	31
Roumanie	9	95	525	539	1123	537
Fédération de Russie	4	45	368	368	803	54
Slovaquie	6	81	248	265	491	126
Slovénie	2	6	51	51	112	12
Espagne	16	297	1188	1199	2184	54
Suède	5	21	233	241	525	28
Suisse	10	61	459	465	999	8
Ex-République de Macédoine	0	1	7	7	16	1
Turquie	0	92	112	113	140	1
Ukraine	-4	39	358	358	787	109
Royaume-Uni	94	267	2230	2232	4691	531
Yougoslavie	1	6	78	78	176	86
Total	621	4660	26538	26788	55745	9692

Tableau 8 d) Coûts et avantages d'un passage des émissions de 1990 au scénario G5/3 (en millions d'écus/an).  
La mortalité est évaluée selon l'approche VVS. Les cases en grisé correspondent aux avantages qui  
devront être additionnés si l'on veut que leur valeur globale dépasse celle des coûts

Pays	Groupes de catégories d'avantages (voir par. 34)					Coûts
	I	I+II	I+II+III	I+II+ III+IV	I+II+III+ IV+V	
Albanie	0	6	30	32	59	1
Autriche	24	139	1119	1146	2442	239
Bélarus	0	27	143	143	296	18
Belgique	33	116	1048	1053	2437	979
Bosnie-Herzégovine	0	5	66	66	137	106
Bulgarie	5	114	304	309	558	154
Croatie	1	13	182	182	384	312
République tchèque	8	71	354	361	747	545
Danemark	2	42	222	222	480	79
Estonie	0	2	11	11	22	0
Finlande	1	7	75	81	162	0
France	97	1161	5387	5462	10900	2059
Allemagne	170	911	7023	7086	15808	3467
Grèce	8	115	491	493	964	11
Hongrie	2	199	459	472	803	832
Irlande	1	13	82	82	186	206
Italie	80	1086	5201	5215	10460	749
Lettonie	0	3	15	15	31	0
Lituanie	-1	4	28	28	59	6
Luxembourg	6	18	233	233	519	10
Pays-Bas	55	189	1761	1761	4291	1491
Norvège	2	7	96	98	209	67
Pologne	32	365	1427	1445	2909	1355
Portugal	6	55	346	354	702	115
République de Moldova	0	1	29	29	66	33
Roumanie	5	166	756	780	1537	1444
Fédération de Russie	4	70	547	547	1191	78
Slovaquie	6	111	325	349	632	383
Slovénie	1	7	64	64	137	53
Espagne	40	442	1896	1911	3647	246
Suède	7	29	335	346	759	42
Suisse	11	76	568	575	1239	8
Ex-République de Macédoine	0	1	10	10	21	0
Turquie	1	164	191	191	226	1
Ukraine	-8	71	517	517	1108	263
Royaume-Uni	122	323	3041	3042	7574	2251
Yougoslavie	0	8	108	108	234	220
Total	723	6137	34490	34818	73938	17823

-----