



Conseil Économique  
et Social

Distr.  
GÉNÉRALE

EB.AIR/WG.5/1999/4  
9 avril 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  
(Trentième session, 31 mai - 4 juin 1999)  
Point 2 de l'ordre du jour provisoire

MODÈLES D'ÉVALUATION INTÉGRÉE

Rapport d'activité établi par le Président de l'Équipe spéciale

Introduction

1. Le présent rapport contient les résultats des analyses de sensibilité pour le scénario destiné à guider l'élaboration du protocole multipolluants/multieffets. Y figurent également les conclusions de la vingt-troisième réunion de l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée qui a eu lieu aux Diablerets (Suisse) du 10 au 12 mars 1999. Des experts de l'Allemagne, de l'Autriche, de la Belgique, du Danemark, de l'Espagne, de la Finlande, de la France, de l'Italie, de la Norvège, des Pays-Bas, de la Pologne, de la République tchèque, du Royaume-Uni, de la Suède, de la Suisse et de la Communauté européenne (CE) participaient à cette réunion à laquelle le Centre de coordination pour les effets (CCE) et l'Agence européenne pour

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.

l'environnement ainsi que l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA), l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique (UNIPEDE), l'Organisation européenne des compagnies pétrolières pour la protection de l'environnement et de la santé (CONCAWE) et l'Union mondiale pour la nature (UICN) étaient également représentés. M. Rob MAAS (Pays-Bas) présidait la réunion.

2. À sa vingt-huitième session, le Groupe de travail des stratégies avait prié l'Équipe spéciale d'évaluer les facteurs d'incertitude affectant les données utilisées pour la modélisation et de réaliser une analyse de sensibilité pour le scénario destiné à guider le processus de négociation (EB.AIR/WG.5/58, par. 15 h)). Le présent rapport résume les travaux qui ont été faits par l'IIASA et par l'Imperial College (Londres) en réponse à cette demande. Les études de l'IIASA ont été financées par la France et les Pays-Bas. Ce rapport résume en outre un certain nombre de contributions d'experts nationaux qui ont été examinées par l'Équipe spéciale. Les rapports et notes qui ont été transmis au secrétariat par voie électronique peuvent être consultés sur Internet ([www.unece.org/env/tfiam](http://www.unece.org/env/tfiam)).

## I. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

### A. Variation des données d'entrée

3. On trouvera dans le précédent rapport sur les modèles d'évaluation intégrée (EB.AIR/WG.5/1998/3 et Add.1) un aperçu des hypothèses de base et des données utilisées pour établir les modèles, quelques-uns des principaux scénarios notamment le scénario de référence (REF) et le scénario des réductions maximales possibles (RMP) ainsi que divers scénarios optimisés. Leur description détaillée n'a donc pas été reproduite ici.

4. Depuis lors, les changements ci-après ont été apportés aux données qui servent à établir le modèle RAINS de l'IIASA :

- pour les États membres de la Communauté européenne, changements destinés à tenir compte de la directive 98/70/EC, adoptée par le Parlement européen et le Conseil le 13 octobre 1998, concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil (JO, 1998);
- pour les États membres de la Communauté européenne, changements destinés à tenir compte de la directive 98/69/EC, adoptée par le Parlement européen et le Conseil le 13 octobre 1998, relative aux mesures à prendre contre la pollution de l'air par les émissions des véhicules à moteur et modifiant la directive 70/220/CEE (JO, 1998);
- Application par les États membres de la Communauté européenne des normes relatives aux véhicules lourds, après 2005, dans le scénario de référence, reflétant la position commune atteinte en décembre 1998 par le Parlement européen et le Conseil au sujet de l'amendement de la directive 88/77/CEE (concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre les émissions de gaz polluants provenant

des moteurs diesel destinés à la propulsion des véhicules). Pour le scénario de référence, les normes renforcées ont été appliquées en deux étapes (2005/2006 et 2008/2009) et les rendements d'épuration ont été modifiés en fonction de ces normes dans le document ci-dessus;

- pour les États membres de la Communauté européenne, limitation à 0,1 % de la teneur en soufre du gazole pour les sources fixes (Directive concernant le soufre dans les carburants liquides);
- Mise à jour des plans de réduction actuels d'après les informations les plus récentes, reçues par le secrétariat jusqu'en décembre 1998;
- Sur la base d'une discussion approfondie avec des experts français, révision des facteurs d'émission pour la France des sources tout-terrain et des activités maritimes (navires de mer) en 2010;
- Modification des bases de données sur les COV en Allemagne, France, Irlande, Royaume-Uni et Suède afin de tenir compte des données nationales les plus récentes.

Ces changements, en particulier l'incorporation des décisions récentes concernant la circulation, se traduisent dans l'ensemble par un abaissement des émissions de NO<sub>x</sub> pour le scénario de référence mais, du fait qu'ils seront mis en oeuvre plus tard, ils restreignent les possibilités globales de réduction des NO<sub>x</sub> en 2010.

5. Les travaux de l'Imperial College utilisent le modèle d'évaluation des stratégies de réduction (ASAM) qui est un modèle d'évaluation intégrée axé sur l'acidification et l'eutrophisation. Il a été actualisé en décembre 1998 pour incorporer les courbes de coûts les plus récentes établies par l'IIASA ainsi que les modifications apportées aux données sur les émissions.

#### **B. Le scénario G5/2 révisé**

6. À sa vingt-huitième session, le Groupe de travail des stratégies a décidé d'adopter le scénario G5/2 pour guider le processus de négociation étant entendu que cette décision n'engageait pas les Parties quant à l'objectif et aux plafonds d'émission à inscrire dans le protocole (EB.AIR/WG.5/58, par. 17 a)). Ce scénario comportait les objectifs environnementaux suivants :

<b>Acidification</b>	
Réduction des écarts en ce qui concerne l'acidité excédentaire cumulée	95 %
Réduction des écarts en ce qui concerne l'acidité excédentaire cumulée dans quelques mailles du sud de la Norvège	85 %
<b>Effets de l'ozone sur la santé</b>	
Réduction des écarts en ce qui concerne l'AOT60	67 %
Valeur limite de l'AOT60 devant être respectée quatre années sur cinq	2,9 ppm.h
<b>Effets de l'ozone sur la végétation</b>	
Réduction des écarts en ce qui concerne l'AOT40	33 %
Valeur limite de l'AOT40 excédentaire, moyenne quinquennale	10 ppm.h
<b>Eutrophisation</b>	
Réduction des écarts en ce qui concerne les dépôts d'azote excédentaires cumulés	60 %

7. L'IIASA a répété l'optimisation du scénario G5/2 avec les données les plus récentes tenant compte des changements décrits ci-dessus (section A). Les résultats sont présentés dans les tableaux 1 à 8.

### C. Évaluation des incertitudes

8. Comme l'avait demandé le Groupe de travail des stratégies (EB.AIR/WG.5/58, par. 15 h), des travaux ont été effectués en collaboration avec le Président du Groupe de travail des effets, le Centre de synthèse météorologique-Ouest de l'EMEP, le Président du Groupe de travail des techniques de réduction et le Président de l'Équipe spéciale sur les inventaires des émissions. Ils ne sont pas terminés mais quelques résultats préliminaires peuvent déjà être présentés.

9. Des incertitudes affectent presque tous les éléments structurels du modèle : inventaires des émissions, estimations des possibilités de réduction, calcul de la dispersion atmosphérique et estimation des sensibilités environnementales. Toutefois, pour en faire une analyse systématique, il faudrait disposer de mesures détaillées des incertitudes pour toutes les données d'entrée, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle. En outre, l'établissement d'un modèle pour une analyse d'incertitude complète prendrait des années seulement pour les calculs. Ainsi, une analyse globale ne peut déterminer que l'influence théorique de chaque incertitude sur les résultats du modèle; elle ne permet pas de mesurer l'importance effective de chacune d'elles et l'intervalle de confiance des résultats.

10. Il ne faut pas confondre les incertitudes symétriques et les erreurs systématiques liées spécifiquement aux données et aux hypothèses du modèle. Si la distribution des probabilités des données d'entrée est symétrique autour de la valeur centrale, on peut s'attendre à ce que la variable obtenue se situe également au centre de la distribution. Tel n'est pas toujours le cas

pour la modélisation de l'ozone en raison de l'existence de non-linéarités. La mesure précise des intervalles de confiance suppose une analyse d'incertitude à la fois longue et onéreuse et une zone d'incertitude ainsi délimitée autour d'une valeur centrale ne serait peut-être pas très utile aux négociateurs.

11. Il n'en va pas de même des distributions de probabilité asymétriques, c'est-à-dire où les estimations sont entachées d'une erreur systématique. En pareil cas, l'erreur risque d'être propagée par les calculs de dispersion à travers toute la chaîne depuis les objectifs environnementaux jusqu'aux potentiels de réduction et aux coûts, de sorte que les résultats de l'optimisation pourraient être eux aussi entachés d'une erreur systématique. Nombre de ces erreurs vont dans le même sens et indiquent que les réductions calculées au moyen du modèle RAINS se situent au niveau minimal requis pour atteindre effectivement les objectifs environnementaux. La prudence conduirait donc à adopter des mesures plus rigoureuses, mais on peut aussi en conclure que toutes les mesures prises sur la base de ce scénario se révéleront sans doute efficaces par rapport à leur coût pour ce qui est de la protection de l'environnement.

12. Les erreurs systématiques peuvent être notamment les suivantes :

- Par rapport à une analyse dynamique des charges critiques, la méthode d'estimation à l'équilibre risque de surestimer l'impact actuel. Cependant, la régénération des écosystèmes peut être lente après l'élimination des dépôts excédentaires;
- L'échelle spatiale de la cartographie des charges critiques influe sur la distribution de leurs estimations. Une meilleure résolution fait apparaître les petits écosystèmes présentant une sensibilité extrême (faible ou forte), qui ne sont pas pris en considération si l'analyse est faite à un niveau d'agrégation élevé. En conséquence, par rapport à une analyse agrégée, une résolution spatiale plus fine diminue les charges critiques dans les percentiles les plus bas et les augmente dans les percentiles élevés;
- Il se produit un effet analogue lors du calcul de la dispersion dans l'atmosphère, qui est effectué à l'heure actuelle avec une résolution de 150 km x 150 km. Les modèles atmosphériques s'efforcent de refléter les conditions moyennes pour chaque grille, c'est-à-dire que dans certaines zones les dépôts sont en réalité plus faibles et dans d'autres ils sont plus élevés que ce que prévoit le modèle. S'agissant de l'ozone troposphérique, le modèle de l'EMEP est conçu de façon à évaluer les concentrations dans les zones rurales. De ce fait, il surestime nécessairement les concentrations dans les centres urbains mais il les sous-estime dans les zones suburbaines. Avec une résolution plus fine des calculs atmosphériques, on constaterait que dans certaines zones les concentrations sont plus élevées que ne l'indiquent les estimations actuelles;

- Les calculs présentés ici partent de l'hypothèse que la concentration de fond due aux émissions à l'échelle hémisphérique reste constante. Cette analyse ne tient pas compte du fait que les réductions des émissions européennes ont des répercussions à l'échelle hémisphérique qui modifient les concentrations de fond en Europe, ni, peut-être plus important, de forts potentiels d'augmentation des émissions, par exemple en Asie du Sud-Est;
- On a aussi mis en évidence une erreur systématique dans des estimations des potentiels et des coûts de réduction des émissions. De nombreuses études montrent que si l'on exclut de l'analyse les mesures non techniques et les progrès de la technologie, il se produit une sous-estimation du potentiel de réduction et une surestimation systématique des coûts. Ce fait est confirmé également par les résultats des travaux de l'Institut franco-allemand de recherche sur l'environnement (IFARE) qui a calculé les coûts de réduction des COV en France et en Allemagne (voir par. 54 ci-dessous).

13. Lors de la modélisation, plusieurs mesures ont été prises afin de réduire l'effet des éléments les plus incertains sur les résultats de l'optimisation. Les objectifs environnementaux ont été choisis de manière à tenir compte des intervalles de confiance concernant l'efficacité du modèle. De plus, les valeurs extrêmes des estimations de la charge critique (les percentiles très faibles) n'ont pas été prises en considération pour fixer les objectifs environnementaux, et la méthode révisée de construction des courbes de coût exclut les mesures dont l'efficacité par rapport au coût reste à démontrer (par exemple les modifications d'installations dont les émissions ont déjà été réduites).

14. Une note présentée par un expert belge a mis en évidence la possibilité d'une erreur systématique qui tendrait à surévaluer les réductions des émissions nécessaires dans les petits pays lors de l'optimisation. Une autre erreur systématique potentielle pourrait surévaluer les besoins de réduction dans les grands pays; des mesures locales concernant certaines zones frontalières pourraient conduire à des réductions calculées pour la totalité du territoire, car la méthode de modélisation actuelle ne permet pas de modifier les caractéristiques des émissions à l'intérieur d'un pays.

15. Un expert français a présenté une note sur l'incertitude des résultats du modèle RAINS et la prudence qu'exige leur utilisation. Les incertitudes identifiées comprennent l'absence d'éléments dynamiques, tels que les changements structurels et techniques apportés aux fonctions de coût, l'écart entre l'exposition à l'ozone observée et celle indiquée par le modèle, les différences de modélisation de l'atmosphère entre les modèles lagrangiens et eulériens et les diverses méthodes utilisées selon les pays pour évaluer les charges critiques. Les erreurs systématiques liées au modèle résultent aussi de la distribution spatiale choisie. L'expert a jugé intéressant d'étudier le résultat de simulations effectuées à l'aide du modèle RAINS mais il a exprimé des doutes quant à l'utilisation des résultats de l'optimisation. Au vu des incertitudes, il a critiqué notamment le choix des objectifs de réduction des écarts au niveau national qui lui paraissent arbitraires et trop stricts pour permettre un degré raisonnable de variation. Il a souligné que les incertitudes devraient être annoncées clairement lors de la présentation des résultats des modèles.

16. Plusieurs experts ont déclaré qu'ils n'étaient pas d'accord avec l'évaluation de l'expert français et ont fait remarquer que certaines des conclusions présentées s'appuyaient sur des informations dépassées. Étant donné que l'on avait opté pour une méthode fondée sur les effets et sur des charges et niveaux critiques, ce modèle fournissait la meilleure base possible, compte tenu des connaissances scientifiques actuelles, pour fixer les réductions des émissions à appliquer par étapes jusqu'aux objectifs finals. S'il est vrai que toute décision générale prise aujourd'hui sur la base des travaux de modélisation devra être réexaminée dans les cinq années à venir, l'existence de ces incertitudes ne doit pas servir d'excuse pour retarder la mise en oeuvre des mesures nécessaires.

#### D. Sensibilité aux variations du scénario énergétique

17. Le niveau et la composition de la consommation d'énergie sont des paramètres importants qui déterminent l'attribution optimisée des réductions des émissions aux différents pays. À cet égard, les résultats des négociations concernant les émissions de CO<sub>2</sub> tels qu'ils figurent dans le Protocole de Kyoto sont particulièrement pertinents. Ils conduiront à modifier les politiques énergétiques de non-intervention. Les projections énergétiques sur lesquelles est fondé le scénario G5/2 sont loin de répondre aux objectifs de Kyoto.

18. Le modèle RAINS n'étant pas un modèle énergétique, il ne peut indiquer les stratégies réalisables ou souhaitables pour atteindre les objectifs de Kyoto et doit recourir à des solutions énergétiques extérieures. Un certain nombre de projections énergétiques de la base de données RAINS pourraient être utilisées ici :

- La solution énergétique "officielle", décrite dans la base de données ONU/CEE;
- Pour tous les pays membres de la CE, le scénario énergétique en cas de politique inchangée élaboré par la DG XVII de la Commission européenne;
- Également pour les pays de la CE, le scénario énergétique prévoyant de faibles émissions de CO<sub>2</sub>, dérivé d'un scénario précédent de la DG XVII;
- Pour dix Parties, les scénarios énergétiques nationaux présentés aux fins de la modélisation;
- Pour trois Parties, des scénarios de rendement énergétique; et
- Pour les pays d'Europe centrale et orientale, le scénario de convergence économique et environnementale élaboré par l'IIASA pour une étude de l'Agence européenne pour l'environnement.

19. Afin d'obtenir une évaluation provisoire de l'impact possible du Protocole de Kyoto accepté d'un commun accord en décembre 1997, un scénario d'après-Kyoto (scénario J2) a été établi à titre indicatif sur la base de ces données. S'agissant des États membres de la CE, on a choisi pour chaque pays parmi les scénarios énergétiques disponibles la projection qui, en termes

d'émission de CO<sub>2</sub>, se rapprochait le plus (sans être nécessairement identique) des objectifs retenus par le Conseil de la Communauté en juin 1998. Pour les autres pays (à l'exception de la Norvège et de la Suisse), le scénario d'après-Kyoto a été élaboré à partir de l'étude de l'IIASA.

20. On admet par hypothèse que les réductions des trois gaz à effet de serre vaudraient également pour les seules émissions de CO<sub>2</sub>. Évidemment, une telle approche ne présente pas nécessairement un bon rapport coût-efficacité et certains pays pourraient mettre en oeuvre le Protocole de Kyoto par d'autres moyens. Ce scénario ne fournit donc qu'une indication approximative de l'impact que pourrait avoir le Protocole de Kyoto sur le scénario G5/2.

21. Les résultats de l'analyse sont résumés dans les tableaux 1 à 8. Il est particulièrement remarquable que le coût total de réduction des émissions passe de 8,5 à 4,8 milliards d'euros par an, soit une diminution de 45 % environ. Étant donné que la structure énergétique du scénario d'après-Kyoto table sur une utilisation moindre du charbon, les dépenses seraient réduites de 60 % pour le SO<sub>2</sub>, de 44 % pour les NO<sub>x</sub> et les COV et les mesures de réduction de NH<sub>3</sub>, les plus onéreuses, deviendraient inutiles, de sorte que dans le secteur agricole les coûts de réduction des émissions baisseraient aussi de 35 %. Pour l'ensemble de l'Europe, par rapport au scénario G5/2, les émissions restantes de SO<sub>2</sub> optimisées pour le scénario énergétique d'après-Kyoto sont inférieures de 3 %, les émissions de NO<sub>x</sub> inférieures de 6 %, les émissions de COV inférieures de 2 % et les émissions d'ammoniac supérieures de 2 %. Il ne s'agit ici que d'une structure préliminaire de la projection énergétique d'après-Kyoto, donnée à titre indicatif, et il n'est pas possible d'en tirer des conclusions définitives pour tel ou tel pays. Il est cependant intéressant de noter que dans certains cas une stratégie énergétique produisant de faibles émissions de CO<sub>2</sub> et favorisant l'utilisation d'énergies renouvelables comme le chauffage au bois, peut provoquer un accroissement des émissions de COV.

22. Une autre analyse de sensibilité a été faite en vue de déterminer les effets d'un accroissement des émissions de SO<sub>2</sub> sur la répartition optimisée des réductions des émissions (scénario J3). Un tel accroissement pourrait tenir à ce que l'on utilise davantage de combustibles contenant du soufre que dans la projection énergétique de référence (toutefois, cela aggraverait l'écart par rapport à l'objectif de Kyoto), ou que l'on emploie des méthodes de réduction des émissions de SO<sub>2</sub> moins efficaces que celles qui ont été appliquées dans l'analyse RAINS. L'étude de sensibilité couvrant tous les pays a modifié les courbes de coût de la réduction du soufre, qui avaient été calculées en multipliant les coûts par un facteur de 1,05 de façon que les niveaux correspondant aux scénarios REF et RMP dépassent de 5 % les niveaux retenus dans le cas initial.

23. Les résultats de l'optimisation, présentés dans les tableaux 1 à 8, montrent qu'il n'y aurait que de faibles répercussions sur les niveaux d'émission optimisés. Dans les pays de la CE les réductions globales du SO<sub>2</sub> diminueraient de 1 % environ, diminution compensée dans une certaine mesure par des réductions légèrement plus fortes dans les pays hors CE, où il existe encore un potentiel pour des mesures moins onéreuses. En ce qui concerne les autres polluants, les changements sont très faibles. De par sa conception même, ce scénario indique des coûts supérieurs à ceux du G5/2 pour la réduction du SO<sub>2</sub>.



**E. Sensibilité aux variations du scénario agricole**

24. La politique agricole a des répercussions importantes sur la réalisation des objectifs environnementaux du scénario G5/2. Un scénario prévoyant de faibles émissions de  $\text{NH}_3$  (scénario J4) a été élaboré pour analyser les effets potentiels de ces politiques et les incertitudes associées aux prévisions de l'élevage. Ce scénario indicatif est fondé sur l'hypothèse simple que, dans tous les pays et pour toutes les catégories animales, le nombre total de têtes de bétail serait inférieur de 10 % à la prévision de référence. En raison des variations dans la composition du cheptel et dans les facteurs d'émission d'un pays à l'autre, les émissions totales d'ammoniac connaîtraient une diminution comprise entre 7 et 9 %. Établi à partir de données qui n'avaient pas subi un examen critique, ce scénario n'est utilisable que pour l'analyse de sensibilité.

25. L'optimisation (voir les tableaux 1 à 8) montre que les résultats seraient analogues à ceux du scénario "d'après-Kyoto" (dans ce cas particulier -27 %) avec des réductions de coût pour tous les polluants. La diminution est de 50 % environ pour  $\text{NH}_3$  et de 14 et 12 % respectivement pour  $\text{SO}_2$  et les  $\text{NO}_x/\text{COV}$ .

26. Une autre analyse de sensibilité étudie le cas d'émissions plus élevées de  $\text{NH}_3$  dues soit à l'augmentation des effectifs du cheptel par rapport au scénario G5/2, soit à une efficacité moindre des méthodes de réduction des émissions (scénario J5). Comme dans le scénario prévoyant un niveau élevé des émissions de soufre (J3), les courbes des coûts de réduction du  $\text{NH}_3$  ont été relevées de 5 % pour tous les pays.

27. Les principales conclusions tirées du cas à niveau élevé de  $\text{SO}_2$  sont valables aussi pour une situation où les émissions de  $\text{NH}_3$  sont élevées (voir les tableaux 1 à 8). Malgré le surcoût dû à la modification des courbes de coûts, les émissions de  $\text{NH}_3$  pour toute l'Europe augmentent seulement de 56 kt soit 0,74 %, augmentation compensée par des réductions supplémentaires minimales de  $\text{SO}_2$  et des  $\text{NO}_x$ .

28. L'Imperial College a effectué une étude de sensibilité pour déterminer si les stratégies optimales de réduction des émissions de  $\text{NO}_x$  et de soufre restaient valables en dépit des incertitudes affectant les émissions d'ammoniac, notamment leur estimation, le développement futur de l'agriculture et l'influence possible d'une réforme de la politique agricole commune de la CE, ainsi que l'efficacité des mesures de réduction de  $\text{NH}_3$ . Ces incertitudes ont été étudiées à l'aide du modèle d'évaluation des courbes régionales des coûts de l'ammoniac pour les stratégies de réduction (MARACCAS), élaboré par l'Imperial College.

29. Avec le scénario REF comme limite supérieure des émissions futures d'ammoniac et un scénario " $\text{NH}_3$  faible" d'application dans tous les pays des mesures de réduction de  $\text{NH}_3$  les plus efficaces, on a utilisé le modèle ASAM pour déterminer la stratégie optimale de réduction dans le cas où un certain investissement (4 milliards d'euros par an) serait consacré à la réduction des émissions de  $\text{NO}_x$  et de soufre. Il est apparu que les caractéristiques des réductions des  $\text{NO}_x$  n'étaient pas affectées par d'aussi larges variations des émissions et des dépôts d'ammoniac. Il en allait de même pour les pays où

les émissions d'ammoniac ont été fortement réduites comme en Allemagne et aux Pays-Bas. En général, il faut réduire d'autant plus les émissions de soufre que l'on réduit moins les émissions d'ammoniac.

#### **F. Scénarios de réduction uniforme des émissions**

30. L'Équipe spéciale a montré par de nombreux exemples que, pour être efficaces par rapport à leur coût les stratégies de réduction des émissions doivent être modulées en fonction des différences qui existent au niveau régional en ce qui concerne la sensibilité de l'environnement, les nouvelles mesures de lutte contre les émissions qu'il est possible de prendre et leur coût, ainsi que les conditions météorologiques. Étant donné que ces facteurs varient d'une zone à une autre, les mesures de lutte contre les émissions imposées par les stratégies de moindre coût représentent une charge plus ou moins lourde selon les pays. Pour savoir dans quelle mesure l'optimisation améliore le rapport coût-efficacité dans le scénario G5/2, on a étudié deux autres scénarios :

a) Un scénario J7 de réduction uniforme des émissions dans lequel les taux de réduction moyens du scénario révisé G5/2 pour les quatre polluants sont appliqués uniformément à tous les pays;

b) Un scénario J11 correspondant à un niveau d'émission par habitant uniforme dans lequel les taux moyens d'émission par habitant du scénario G5/2 pour les quatre polluants sont appliqués uniformément.

31. Le principe du scénario indicatif J7 est de retenir, dans la mesure du possible, pour les émissions de chaque pays la valeur qui correspond à la réduction moyenne en pourcentage calculée pour tous les pays dans le scénario G5/2. Ces réductions moyennes, rapportées aux niveaux de 1990 pour chaque polluant sont les suivantes :

Soufre	-73 %
NO <sub>x</sub>	-45 %
COV	-45 %
NH <sub>3</sub>	-24 %

Pour certaines combinaisons de pays ou de polluants, la réduction moyenne des émissions conduirait à des niveaux d'émission qu'il serait impossible d'atteindre avec les moyens de lutte disponibles. Dans ces cas, on a retenu, pour l'analyse de sensibilité, les valeurs limites pertinentes, c'est-à-dire celles correspondant au scénario RMP ou REF, selon le cas.

32. Dans le scénario J11, on a retenu pour les émissions de chaque pays, dans la mesure du possible, la valeur qui correspond aux taux d'émission moyens par habitant dans le scénario G5/2. Ces taux moyens d'émission par habitant sont les suivants :

Soufre	15,5 kg/habitant/an
NO <sub>x</sub>	19,1 kg/habitant/an
COV	18,3 kg/habitant/an
NH <sub>3</sub>	8,5 kg/habitant/an

Comme dans le scénario J7, pour certains pays ou polluants, ces taux donneraient des valeurs d'émission qu'il serait impossible d'atteindre avec les moyens de lutte disponibles et on a retenu les valeurs correspondant au scénario RMP ou REF, selon le cas.

33. Les émissions, coûts et indices d'exposition obtenus pour les scénarios de réduction uniforme J7 et J11 non optimisés sont résumés aux tableaux 9 à 16. Par rapport au scénario G5/2 révisé, le scénario de réduction uniforme par habitant J11 exigerait une intensification des mesures antipollution dans la plupart des pays hors CE ainsi qu'au Danemark, en Espagne, en Finlande, en France, en Grèce, en Irlande, au Luxembourg et en Suède. Dans plusieurs pays - Allemagne, Autriche, Belgique, Croatie, Hongrie, Italie, Pays-Bas, Portugal et Yougoslavie - les coûts de réduction des émissions diminueraient. Pour l'ensemble de l'Europe, ce scénario coûterait 6,4 milliards d'euros de plus que le scénario G5/2 révisé, soit une augmentation de 76 %.

34. Ce scénario J11 entraînerait une augmentation de l'exposition à l'ozone dans toute l'Europe. La zone non protégée contre l'acidification augmenterait globalement dans les pays de la CE alors que certaines parties de l'Europe orientale connaîtraient une amélioration. En ce qui concerne les effets sur la santé, l'exposition à l'ozone exprimée par l'indice d'exposition cumulé de la population augmenterait de 32 %, surtout dans la zone fortement exposée qui comprend l'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Pour ce qui est des effets sur la végétation, les augmentations les plus fortes seraient observées en France, en Allemagne et en Italie (dans cet ordre). S'agissant de l'acidification, la zone non protégée des pays de la CE couvrirait 4,3 millions d'hectares au lieu de 3,5 (soit une augmentation de 23 %), tandis qu'en Europe orientale de nouvelles mesures de lutte se traduiraient par des avantages supplémentaires pour l'environnement. Dans l'ensemble, les réductions uniformes des émissions par habitant du scénario J11 abaisseraient sensiblement le rapport coût-efficacité pour ce qui est de l'exposition à l'ozone dans ses effets sur la végétation et sur la santé.

#### G. Plafonnement des coûts marginaux de la réduction

35. Certains ont noté avec inquiétude les coûts marginaux élevés des mesures de réduction qui résulteraient pour certains pays du scénario G5/2. Un expert belge a appelé l'attention sur la forte dispersion de ces coûts selon les pays en précisant que dans quelques cas extrêmes, ils pourraient être supérieurs aux avantages marginaux. Afin d'éviter ces situations inacceptables, on pourrait décider que le coût marginal des mesures de réduction retenues par le modèle pour la solution optimale ne doit pas dépasser une certaine limite.

36. Plusieurs experts ont fait remarquer que l'évaluation des avantages effectuée par l'Équipe spéciale des aspects économiques des stratégies de réduction (EB.AIR/WG.5/1998/4/Add.1) n'avait pas permis de déterminer si les coûts marginaux étaient ou non supérieurs aux avantages marginaux. Il n'est donc pas possible de fixer par la modélisation un objectif optimal. Cette évaluation a été faite en laissant de côté de nombreuses catégories de dommages et au moyen d'un scénario qui montre que dans l'ensemble de l'Europe le total des avantages a été supérieur au total des coûts. La situation peut être différente dans certains pays en raison de la pollution transfrontière.

37. Lors de la réunion précédente de l'Équipe spéciale, CONCAWE avait présenté les résultats d'une analyse de sensibilité sur l'acidification faite dans les pays de la CEE à l'aide d'une méthode de plafonnement des courbes des coûts marginaux des pays (EB.AIR/WG.5/1998/3/Add.1, par. 40). L'Équipe spéciale avait décidé d'étudier ces scénarios plus avant.

38. L'approche retenue pour l'établissement de modèles d'évaluation intégrée, qui a été approuvée par le Groupe de travail des stratégies, est celle de l'analyse du rapport coût-efficacité. Le modèle détermine la stratégie de moindre coût pour l'Europe qui permet d'atteindre partout un ensemble donné d'objectifs environnementaux. Avec cette méthode, une stratégie de réduction optimale devrait entraîner une variation des coûts marginaux selon les pays et l'emplacement des sources d'émission. Les variations optimales des coûts marginaux reflètent les différences d'impact des émissions provenant de diverses régions européennes sur la santé de l'homme et l'environnement. Le modèle choisira des mesures plus coûteuses pour lutter contre les sources d'émission les plus nocives, en particulier dans les zones à haute densité d'émission et/ou à écosystèmes sensibles.

39. L'Imperial College (Londres) a étudié au moyen du modèle ASAM l'effet du plafonnement des coûts marginaux de réduction des émissions en ce qui concerne l'acidification et l'eutrophisation. Les trois méthodes de plafonnement examinées consistent à :

a) supprimer les mesures de coût marginal élevé dans la solution de moindre coût, en autorisant le non-respect des objectifs environnementaux fixés pour l'optimisation. On réalise ainsi des économies importantes pour un abaissement limité du niveau général de protection. Cet abaissement est relativement faible mais il se produit des dépassements importants à certains endroits, notamment des niveaux de dépassement maximum à l'échelle européenne;

b) déterminer la solution de moindre coût avec un plafonnement des coûts marginaux en respectant les objectifs environnementaux initialement fixés. Le coût global augmente de manière significative et le niveau de protection augmente lui aussi;

c) limiter les dépenses totales pour l'Europe au coût total prévu dans le scénario original, en remplaçant les mesures les plus coûteuses par la mesure la plus efficace qui ne dépasse pas le seuil fixé pour le coût marginal. Il en résulte un niveau général de protection moins élevé et une modification importante de la répartition entre les pays des réductions d'émission et de leurs avantages.

Quelle que soit la méthode utilisée, il se produira une redistribution entre les pays des coûts et des avantages pour l'environnement. Dans l'ensemble les efforts de réduction diminueront en Belgique et dans les pays voisins et augmenteront en Europe du Nord. Limiter spécifiquement les coûts de réduction des émissions d'ammoniac entraînerait une augmentation des réductions d'émissions de soufre et de NO<sub>x</sub>. L'adoption d'une série de limites équilibrée permet d'éviter de telles redistributions.

40. L'IIASA a construit deux scénarios pour étudier le plafonnement des coûts marginaux. La réduction des émissions a été limitée à des mesures ayant un coût marginal inférieur à un certain seuil. L'étude a été faite de deux manières. Dans le scénario J9, pour les pays (ou polluants) qui dépassent la limite des coûts marginaux, les réductions des émissions ont été abaissées par rapport au scénario G5/2 révisé jusqu'au niveau correspondant à la limite de coût. Dans le scénario J10, l'optimisation de l'objectif environnemental du scénario G5/2 a été répétée avec un plafonnement des coûts marginaux. Les limites ci-après ont été choisies dans les deux cas :

Soufre :	4 000 euros/tonne
NO <sub>x</sub> :	7 000 euros/tonne
COV :	5 000 euros/tonne
NH <sub>3</sub> :	25 000 euros/tonne

Ces niveaux rendent plus stricte la réduction des émissions de soufre en Allemagne, en Belgique et en Hongrie, celle des émissions des NO<sub>x</sub> et des COV en Belgique et celle de l'ammoniac aux Pays-Bas.

41. Les niveaux d'émission révisés pour le scénario J9 sont présentés dans les tableaux 9 à 16. Globalement, les émissions européennes de soufre augmentent de 33 kt, les NO<sub>x</sub> de 15 kt, les COV de 20 kt et l'ammoniac de 9 kt par rapport au scénario G5/2 révisé. Le coût total diminue de 777 millions d'euros/an, c'est-à-dire de 9 %. Les objectifs environnementaux du scénario G5/2 ne sont pas respectés, notamment la valeur de 2,9 ppm.h de l'AOT60, bien que les diminutions globales du niveau de protection restent modestes. Elles peuvent être considérées par endroits comme significatives essentiellement dans la partie nord-ouest de l'Europe.

42. Le scénario J10 applique les mêmes plafonnements des coûts marginaux mais respecte les objectifs environnementaux du scénario G5/2. On a répété l'optimisation faite pour ce dernier en appliquant des niveaux d'émission plus faibles calculés à partir des limites des coûts marginaux, et en ne retenant que les mesures de réduction dont le coût marginal ne dépassait pas ces limites. L'exposition excédentaire résultant de la diminution des mesures de réduction utilisables, a dû être compensée par d'autres réductions sur d'autres sources. Les résultats sont présentés aux tableaux 9 à 16.

43. Si l'on veut maintenir les objectifs environnementaux tout en excluant les mesures les plus onéreuses d'une solution optimisée, il faut réduire plus fortement d'autres sources d'émission. Ainsi, l'augmentation de 17 kt des émissions de NO<sub>x</sub> en Belgique (à proximité de la zone à forte densité d'ozone) oblige à opérer ailleurs des réductions supplémentaires de 419 kt et l'augmentation de 19 kt des émissions de COV doit être compensée par des réductions supplémentaires de 149 kt dans d'autres pays. Si l'on autorise à diminuer de 32 kt au total la réduction des émissions de soufre en Allemagne, en Belgique et en Hongrie, il faut imposer des réductions supplémentaires de 813 kt en d'autres endroits. Bien que le coût des mesures antipollution assouplies soit élevé, une telle augmentation en volume des réductions des émissions provenant de sources éloignées de la zone directement touchée accroît le coût total de près de 40 %. La Belgique, les Pays-Bas et la Hongrie réalisent de fortes économies tandis que de nombreux autres pays connaissent

un accroissement sensible des coûts. Du point de vue de l'environnement, le scénario J10 est plus efficace que le G5/2. Dans quelques pays, les mesures supplémentaires entraîneront aussi un niveau de protection plus élevé.

#### **H. Autres études de sensibilité**

44. Après que le Groupe de travail des effets eut approuvé définitivement les données relatives aux charges critiques en août 1998, des experts slovaques ont annoncé qu'ils avaient révisé leur base de données des charges critiques et qu'il en résultait des estimations plus élevées pour les écosystèmes particulièrement sensibles de Slovaquie. Dans le scénario G5/2 qui utilise pour les charges critiques les données officiellement approuvées, des dépassements observés en Slovaquie sont à l'origine de réductions des émissions dans certaines parties de l'Europe centrale et orientale; on a donc effectué une analyse de sensibilité pour étudier les incidences des révisions proposées.

45. La modélisation faite par l'IIASA au moyen du modèle RAINS indique qu'une élévation des charges critiques en Slovaquie aurait principalement pour effet d'assouplir les exigences en matière de réduction des émissions de soufre aussi bien en Pologne (65 % au lieu de 76 %) que dans le sud-est de l'Europe (Bosnie-Herzégovine, Croatie et Slovénie) et, dans une mesure moindre en Autriche, en Hongrie, en Italie et en Slovaquie. Une diminution des réductions des émissions de soufre en Pologne retentirait sur les écosystèmes sensibles d'Allemagne et des Pays-Bas et l'augmentation des dépôts de soufre provenant de sources polonaises, devrait y être compensée par une réduction supplémentaire des émissions de soufre au Danemark. Les effets sur les autres polluants sont très faibles. Le coût total de réduction des émissions baisserait de 3 % environ.

46. Des résultats analogues ont été obtenus à l'Imperial College (Londres). L'examen des données révisées des charges critiques pour la Slovaquie au moyen du modèle ASAM a montré qu'il en coûterait chaque année 0,3 milliard d'euros de moins pour atteindre les objectifs d'acidification et d'eutrophisation, en raison de l'assouplissement des réductions des émissions de soufre en Europe centrale et orientale.

47. L'Imperial College a également procédé à une analyse de sensibilité concernant spécifiquement la prise en compte des émissions dues aux transports maritimes dans les stratégies de réduction européennes. Dans des scénarios visant à atteindre les objectifs d'acidification et d'eutrophisation du scénario G5/2, on a introduit une limitation de la teneur en soufre du combustible de soute et l'application de la réduction catalytique sélective aux navires en mer du Nord et dans l'Atlantique Nord. Il en est résulté une économie de près de 10 % due à la diminution des réductions des émissions provenant de sources terrestres, notamment le soufre pour le Royaume-Uni, l'ammoniac pour l'Allemagne et tous les polluants pour la France, les Pays-Bas et la Pologne.

**I. Conclusions sur la validité des résultats obtenus**

48. Les réductions d'émissions nécessaires pour les quatre polluants, telles qu'elles ont été calculées à partir des deux scénarios de base, (REF et G5/2 révisé) et pour les essais de sensibilité J2, J3, J4 et J5, sont résumées dans les tableaux 1 à 4. Sur la figure (a) à d) qui représente graphiquement les données, on constate des différences étonnamment faibles entre le scénario G5/2 et les essais de sensibilité pour ce qui est des réductions des émissions nécessaires optimisées; là où ces différences sont plus importantes, les réductions nécessaires du G5/2 paraissent constituer la limite supérieure. Il semble peu probable que l'on puisse dépasser les objectifs environnementaux. Il faut plutôt s'attendre à ce que des réductions supérieures soient exigées lors d'une révision future du protocole. Compte tenu de ces considérations, l'Équipe spéciale a conclu que :

a) dans l'ensemble, les exigences optimisées de réduction des émissions du scénario G5/2 semblent valides pour les taux d'activité économique élevés mais augmenteraient pour des scénarios à taux d'activité plus faibles. Bien que revêtant une importance particulière pour le scénario énergétique qui est encore fondé sur un scénario d'avant Kyoto incompatible avec les exigences du Protocole de Kyoto, ces conclusions s'appliqueraient aussi au scénario agricole puisqu'un changement des politiques pourrait y avoir des effets analogues. Le coût de réduction des émissions diminue sensiblement lorsqu'on adopte l'hypothèse d'une faible consommation d'énergie, comme dans le cas du scénario d'après Kyoto;

b) Les scénarios de réduction uniforme des émissions étudiés à ce jour, qu'il s'agisse d'une réduction uniforme ou de niveaux d'émission par habitant identiques, ne présentent pas un bon rapport coût-efficacité. Ils sont plus onéreux ou moins efficaces que les scénarios optimisés;

c) Trois façons de limiter les coûts marginaux en excluant de l'analyse quelques-uns des moyens de réduction les plus onéreux ont été étudiées. Tout d'abord, on peut procéder à cette exclusion après l'optimisation, auquel cas les coûts baisseraient mais aussi le niveau de protection de l'environnement. On peut modifier la répartition des mesures de manière à ce que les objectifs environnementaux soient atteints partout. Le coût de la stratégie augmenterait, mais les avantages pour l'environnement aussi et la répartition des coûts et des avantages se trouverait profondément modifiée. Enfin, on peut fixer le montant total des dépenses, ce qui aurait pour effet de modifier la répartition des efforts de réduction des émissions et de diminuer légèrement les niveaux de protection de l'environnement. En règle générale, le plafonnement des coûts marginaux tend à restreindre les efforts dans les zones les plus polluées où ces coûts sont les plus élevés;

d) L'impact des changements relatifs aux charges critiques pour la Slovaquie n'atteint que les pays voisins. Les mesures destinées à réduire les émissions dues aux transports maritimes s'avèrent efficaces par rapport à leur coût et diminuent le coût global des mesures nécessaires pour atteindre les objectifs environnementaux en Europe.

## II. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

49. Une note expliquant le dépassement des charges critiques et l'évolution des méthodes utilisées pour combler les écarts avait été établie par le CCE. Elle a été distribuée à l'Équipe spéciale qui l'a jugée très utile et qui la mettra à disposition via Internet ([www.unece.org/tfiam](http://www.unece.org/tfiam)).

50. Le précédent rapport sur les modèles d'évaluation intégrée (EB.AIR/WG.5/1998/3), que l'on peut également consulter sur Internet, contient une présentation complète de la méthodologie, des données d'entrée utilisées, des scénarios concernant une série particulière d'effets et des scénarios mixtes dérivés du scénario G5/2. Une note sur le protocole multieffets/multipolluants est disponible sur Internet ([www.unece.org/env/multipro.htm](http://www.unece.org/env/multipro.htm)).

51. L'IIASA a préparé une série de diapositives qui expliquent en termes simples les modèles d'évaluation intégrée et leurs résultats et contiennent des informations d'ordre général. L'Institut fournira en outre un instrument simple qui permet d'étudier les effets sur l'environnement des scénarios de réduction des émissions pour les quatre polluants ou groupes de polluants couverts. Cette information est disponible sur Internet ([www.iiasa.ac.at/-rains](http://www.iiasa.ac.at/-rains)).

52. Le Président a prié les experts de publier dans des revues scientifiques des articles relatifs aux modèles d'évaluation intégrée afin d'informer l'ensemble de la communauté scientifique.

## III. TRAVAUX DE MODÉLISATION EN COURS OU PRÉVUS POUR LA PÉRIODE QUI SUIVRA L'ÉTABLISSEMENT DU PROTOCOLE

### A. Modélisation de l'exposition aux matières particulaires

53. L'Imperial College (Londres) a commencé à étudier la part que représentent les matières particulaires primaires transportées sur de longues distances dans les concentrations de particules en suspension dans l'air. Il a utilisé un inventaire des émissions établi par le Centre national néerlandais de recherche en physique appliquée et a reporté les émissions sur la grille de l'EMEP en prenant comme base la répartition des NO<sub>x</sub>. Un modèle simple a servi à simuler le transport atmosphérique de matières particulaires primaires en Europe. Ce modèle montre que dans certaines régions d'Europe centrale, les contributions peuvent être significatives au cours des épisodes. Il reste à construire les courbes des coûts de réduction des émissions pour que l'on puisse procéder à l'analyse dans les modèles d'évaluation intégrée.

### B. Modélisation dynamique des coûts de réduction des émissions de COV

54. L'Institut franco-allemand pour la recherche sur l'environnement (IFARE) à l'Université de Karlsruhe (Allemagne) a présenté les résultats d'un projet de recherche sur les fonctions de coût des COV. Les résultats concernant l'Allemagne avaient été présentés précédemment à l'Équipe spéciale (EB.AIR/WG.5/1998/1, par. 50). Les fonctions de coût pour la France ont été établies en collaboration avec le Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique (CITEPA) et avec l'aide de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Les fiches



techniques élaborées par l'Équipe spéciale de l'évaluation des possibilités et des techniques de réduction des émissions de COV ont servi à construire une base de données complète sur la structure des sources d'émission et sur les activités sectorielles. Les données ont été utilisées dans le modèle dynamique ARGUS d'optimisation des débits massiques afin de déterminer les fonctions de coût des COV pour divers scénarios analysant différentes périodes de mise en oeuvre des réductions des émissions et différents taux d'actualisation. Le modèle ARGUS envisage toutes les méthodes pertinentes de réduction des émissions, y compris les mesures techniques (primaires et secondaires) et les modifications structurelles associées à des changements d'activité, le remplacement des installations à la fin de leur durée utile, etc. Les résultats montrent que les coûts diminuent fortement et que les réductions maximales possibles (RMP) augmentent lorsque la période de mise en oeuvre passe du court terme (2000) au long terme (2010). Par exemple, la réduction des émissions de 47 % par rapport aux niveaux de 1995 coûte dix fois moins cher lorsque la période de mise en oeuvre s'étend jusqu'à 2010. Les RMP augmentent dans ce cas de 27 % environ. Cette différence est due essentiellement à l'effet des solutions structurelles envisagées.

**C. Analyse du cycle de vie**

55. Mme J. Potting, présidente du groupe scientifique sur l'acidification, l'eutrophisation et l'apport d'éléments nutritifs à la Society of Environmental Chemistry and Toxicology (SETAC), a présenté les travaux de son groupe sur l'analyse du cycle de vie et décrit comment les modèles d'évaluation intégrée sont employés dans ce contexte. Ces travaux sont destinés à mettre au point une méthode d'analyse du cycle de vie utilisable par les services nationaux pour les dispositions législatives sur les produits. Mme Potting a invité les experts à participer aux travaux de la SETAC et a proposé de tenir en 2000 un atelier conjoint avec l'Équipe spéciale sur l'emploi des modèles d'évaluation intégrée dans l'analyse du cycle de vie.

56. L'Équipe spéciale s'est déclarée intéressée par cette étude, notamment en ce qui concerne les produits qui peuvent être à l'origine d'émissions de COV. Elle a décidé de ne pas perdre de vue cette question lorsqu'elle établira son plan de travail à la prochaine réunion.

**D. Éléments d'un programme de travail à long terme sur les modèles d'évaluation intégrée**

57. Le Président a introduit une discussion ouverte sur le programme à long terme relatif à l'établissement de modèles d'évaluation intégrée dans le cadre de la Convention. L'Équipe spéciale a décidé de prendre note des idées présentées afin de les examiner plus avant à sa prochaine réunion.

58. Une fois achevée cette étape de la modélisation de l'évaluation intégrée et de l'élaboration du protocole multieffets/multipolluants, il pourrait être utile de procéder à un examen des activités passées. Cet examen pourrait être mené par l'Équipe spéciale elle-même ou par un expert extérieur.

59. Des éléments pourraient être ajoutés aux activités de modélisation, ou bien le champ d'application de celles-ci pourrait être élargi de manière à couvrir par exemple :

- a) D'autres substances, comme les matières particulaires, les métaux lourds et les polluants organiques persistants;
- b) Des zones extérieures à l'Europe couvrant éventuellement tout l'hémisphère Nord;
- c) La période au-delà de 2010;
- d) Les moyens d'action mis en oeuvre pour l'application des stratégies, y compris la législation relative aux produits et les incidences des échanges commerciaux;
- e) D'autres domaines de la politique environnementale en resserrant les liens avec d'autres conventions, comme celles sur le changement climatique et sur les mers régionales.

60. L'examen des modèles existants, en vue de la révision des obligations découlant du protocole qui aura lieu dans cinq ans environ, devrait comporter l'actualisation des éléments suivants :

- a) Les prévisions d'activités sectorielles;
- b) La modélisation des techniques de réduction, avec leurs coûts et les possibilités qu'elles offrent;
- c) La modélisation de la législation (scénario de la législation en vigueur);
- d) L'amélioration des effets (charges et niveaux critiques), des données relatives aux émissions et des données sur le transport atmosphérique;
- e) Les méthodologies : couverture des avantages financiers, résolution des modèles, modèles dynamiques, etc.

61. Les travaux sur les modèles d'évaluation intégrée pourraient jouer un plus grand rôle dans l'application des protocoles, par exemple en aidant le Comité d'application à évaluer les répercussions de la législation sur le respect des objectifs, en identifiant les lacunes et en proposant des mesures supplémentaires pour les combler.

62. Il est de la plus haute importance que le réseau scientifique qui a été développé reste aussi actif qu'il l'est actuellement une fois que le protocole sera en place. La mise en commun de l'expérience acquise par les pays en matière de modélisation et l'organisation d'ateliers thématiques pourraient aider à atteindre cet objectif.

**E. Prochaine réunion**

63. La prochaine réunion aura lieu à Rome les 8 et 9 juin 1999. Elle sera précédée le 7 juin d'un atelier organisé au titre du projet coordonné par l'Institut finlandais pour l'environnement et financé par le programme LIFE de la CE. Il a pour objet la mise au point et l'application à l'échelon national d'instruments permettant d'évaluer les réductions d'émissions efficaces par rapport à leurs coûts ainsi que leurs incidences avec une résolution spatiale et temporelle élevée (EB.AIR/WG.5/1998/3, par. 4).

Tableau 1. Émissions de NO<sub>x</sub> en 1990, dans le scénario de référence et le scénario G5/2 révisé et pour les cas de sensibilité (J2 à J5). Variations en pourcentage par rapport à 1990 (estimations du modèle RAINS)

	1990 RAINS		REF		G5/2 (révisé)		J2 (après Kyoto)		J3 (SO <sub>2</sub> élevé)		J4 (NH <sub>3</sub> faible)		J5 (NH <sub>3</sub> élevé)	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	24	50%	36	50%	36	50%	32	33%	36	50%	36	50%	35	46%
Autriche	192	-46%	103	-46%	91	-53%	97	-49%	91	-53%	91	-53%	91	-53%
Bélarus	402	-21%	316	-21%	290	-28%	235	-42%	290	-28%	290	-28%	269	-33%
Belgique	351	-46%	191	-46%	127	-64%	113	-68%	127	-64%	133	-62%	127	-64%
Bosnie-Herzégovine	80	-25%	60	-25%	53	-34%	43	-46%	53	-34%	54	-33%	51	-36%
Bulgarie	355	-16%	297	-16%	266	-25%	211	-41%	266	-25%	249	-30%	260	-27%
Croatie	82	11%	91	11%	87	6%	74	-10%	84	2%	91	11%	81	-1%
République tchèque	546	-46%	296	-46%	188	-66%	168	-69%	188	-66%	197	-64%	172	-68%
Danemark	274	-53%	128	-53%	113	-59%	122	-55%	113	-59%	113	-59%	113	-59%
Estonie	84	-13%	73	-13%	73	-13%	56	-33%	73	-13%	73	-13%	73	-13%
Finlande	276	-45%	152	-45%	152	-45%	134	-51%	152	-45%	152	-45%	152	-45%
France	1 867	-54%	858	-54%	704	-62%	641	-66%	704	-62%	706	-62%	703	-62%
Allemagne	2 662	-56%	1 184	-56%	1 081	-59%	952	-64%	1 080	-59%	1 115	-58%	1 080	-59%
Grèce	345	0%	344	0%	344	0%	306	-11%	344	0%	344	0%	344	0%
Hongrie	219	-10%	198	-10%	137	-37%	138	-37%	131	-40%	141	-36%	131	-40%
Irlande	2 037	-38%	70	-38%	55	-51%	45	-60%	55	-51%	60	-47%	43	-62%
Italie	1 113	-45%	1 130	-45%	901	-56%	899	-56%	901	-56%	902	-56%	901	-56%
Lettonie	117	1%	118	1%	118	1%	78	-33%	118	1%	118	1%	117	0%
Lituanie	153	-10%	138	-10%	134	-12%	94	-39%	134	-12%	134	-12%	132	-14%
Luxembourg	22	-55%	10	-55%	8	-64%	7	-68%	8	-64%	9	-59%	8	-64%
Pays-Bas	542	-48%	280	-48%	266	-51%	179	-67%	250	-54%	280	-48%	240	-56%
Norvège	220	-19%	178	-19%	142	-35%	173	-21%	142	-35%	142	-35%	166	-25%
Pologne	1 217	-28%	879	-28%	654	-46%	694	-43%	654	-46%	803	-34%	654	-46%
Portugal	208	-15%	177	-15%	144	-31%	137	-34%	144	-31%	177	-15%	177	-15%
République de Moldova	87	-24%	66	-24%	64	-26%	53	-39%	64	-26%	65	-25%	63	-28%
Roumanie	518	-12%	458	-12%	328	-37%	297	-43%	332	-36%	355	-31%	308	-41%
Fédération de Russie	3 486	-24%	2 653	-24%	2 653	-24%	2 255	-35%	2 653	-24%	2 653	-24%	2 653	-24%
Slovaquie	219	-40%	132	-40%	115	-47%	84	-62%	115	-47%	118	-46%	108	-51%
Slovénie	60	-40%	36	-40%	34	-43%	33	-45%	33	-45%	34	-43%	33	-45%
Espagne	1 162	-27%	847	-27%	726	-38%	717	-38%	726	-38%	758	-35%	726	-38%
Suède	338	-44%	190	-44%	159	-53%	190	-44%	159	-53%	158	-53%	163	-52%
Suisse	163	-52%	79	-52%	76	-53%	76	-53%	76	-53%	76	-53%	76	-53%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	39	-26%	29	-26%	29	-26%	24	-38%	29	-26%	29	-26%	29	-26%
Ukraine	1 888	-24%	1 433	-24%	1 222	-35%	981	-48%	1 222	-35%	1 242	-34%	1 222	-35%
Royaume-Uni	2 839	-58%	1 186	-58%	1 181	-58%	1 051	-63%	1 176	-59%	1 181	-58%	1 075	-62%
Yougoslavie	211	-28%	152	-28%	132	-37%	119	-44%	132	-37%	136	-36%	118	-44%
Communauté européenne	13 226	-48%	6 849	-48%	6 054	-54%	5 589	-58%	6 032	-54%	6 179	-53%	5 944	-55%
Total	23 398	-38%	14 568	-38%	12 883	-45%	11 508	-51%	12 855	-45%	13 215	-44%	12 694	-46%

Tableau 2. Émissions de COV en 1990, dans le scénario de référence et le scénario G5/2 révisé et pour les cas de sensibilité (J2 à J5). Variations en pourcentage par rapport à 1990 (estimations du modèle RAINS)

	1990 RAINS		REF		G5/2 (révisé)		J2 (après Kyoto)		J3 (SO <sub>2</sub> élevé)		J4 (NH <sub>3</sub> faible)		J5 (NH <sub>3</sub> élevé)	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	31	32%	41	32%	41	32%	34	10%	41	32%	41	32%	41	32%
Autriche	352	-42%	205	-42%	142	-60%	200	-43%	142	-60%	142	-60%	151	-57%
Bélarus	371	-17%	309	-17%	298	-20%	263	-29%	298	-20%	298	-20%	298	-20%
Belgique	374	-48%	193	-48%	103	-72%	95	-75%	103	-72%	103	-72%	103	-72%
Bosnie-Herzégovine	51	-6%	48	-6%	48	-6%	47	-8%	48	-6%	48	-6%	48	-6%
Bulgarie	195	-3%	190	-3%	185	-5%	177	-9%	184	-7%	182	-7%	188	-4%
Croatie	103	8%	111	8%	86	-17%	100	-3%	86	-17%	86	-17%	86	-17%
République tchèque	442	-31%	305	-31%	156	-65%	216	-51%	163	-63%	157	-64%	174	-61%
Danemark	182	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%
Estonie	45	9%	49	9%	49	9%	45	0%	49	9%	49	9%	49	9%
Finlande	213	-48%	110	-48%	110	-48%	125	-41%	110	-48%	110	-48%	110	-48%
France	2 382	-49%	1 223	-49%	989	-58%	907	-62%	939	-61%	1 014	-57%	933	-61%
Allemagne	3 122	-64%	1 137	-64%	995	-68%	1 031	-67%	995	-68%	997	-68%	995	-68%
Grèce	336	-21%	267	-21%	261	-22%	249	-26%	261	-22%	263	-22%	261	-22%
Hongrie	204	-22%	160	-22%	137	-33%	159	-22%	136	-33%	138	-32%	137	-33%
Irlande	110	-50%	55	-50%	55	-50%	48	-56%	55	-50%	55	-50%	54	-51%
Italie	2 055	-44%	1 159	-44%	1 030	-50%	1 069	-48%	1 048	-49%	1 003	-51%	1 055	-49%
Lettonie	63	-11%	56	-11%	56	-11%	49	-22%	56	-11%	56	-11%	56	-11%
Lituanie	111	-5%	105	-5%	105	-5%	90	-19%	105	-5%	105	-5%	105	-5%
Luxembourg	19	-63%	7	-63%	7	-63%	6	-68%	7	-63%	7	-63%	7	-63%
Pays-Bas	490	-52%	233	-52%	157	-68%	151	-69%	157	-68%	158	-68%	157	-68%
Norvège	297	-34%	195	-34%	195	-34%	195	-34%	195	-34%	195	-34%	195	-34%
Pologne	797	1%	807	1%	475	-40%	472	-41%	475	-40%	475	-40%	475	-40%
Portugal	212	-32%	144	-32%	102	-52%	106	-50%	102	-52%	100	-53%	100	-53%
République de Moldova	50	-16%	42	-16%	42	-16%	39	-22%	42	-16%	42	-16%	42	-16%
Roumanie	503	0%	504	0%	500	-1%	474	-6%	500	-1%	487	-3%	499	-1%
Fédération de Russie	3 542	-21%	2 787	-21%	2 723	-23%	2 398	-32%	2 723	-23%	2 706	-24%	2 723	-23%
Slovaquie	151	-7%	140	-7%	140	-7%	126	-17%	140	-7%	140	-7%	140	-7%
Slovénie	55	-27%	40	-27%	40	-27%	40	-27%	40	-27%	40	-27%	40	-27%
Espagne	1 008	-34%	669	-34%	648	-36%	669	-34%	653	-35%	632	-37%	645	-36%
Suède	511	-43%	290	-43%	241	-53%	290	-43%	241	-53%	239	-53%	241	-53%
Suisse	278	-48%	144	-48%	144	-48%	144	-48%	144	-48%	144	-48%	143	-49%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	19	0%	19	0%	19	0%	19	0%	19	0%	19	0%	19	0%
Ukraine	1 161	-27%	851	-27%	770	-34%	715	-38%	768	-34%	756	-35%	797	-31%
Royaume-Uni	2 667	-49%	1 351	-49%	1 101	-59%	1 108	-58%	1 105	-59%	1 068	-60%	1 052	-61%
Yougoslavie	142	-2%	139	-2%	138	-3%	134	-6%	138	-3%	136	-4%	136	-4%
Communauté européenne	14 031	-49%	7 128	-49%	6 024	-57%	6 138	-56%	6 001	-57%	5 974	-57%	5 949	-58%
Total	22 644	-37%	14 170	-37%	12 373	-45%	12 075	-47%	12 353	-45%	12 276	-46%	12 340	-46%

Tableau 3. Émissions de SO<sub>2</sub> en 1990, dans le scénario de référence et le scénario G5/2 révisé et pour les cas de sensibilité (J2 à J5). Variations en pourcentage par rapport à 1990 (estimations du modèle RAINS)

	1990 RAINS		REF		G5/2 (révisé)		J2 (après Kyoto)		J3 (SO <sub>2</sub> élevé)		J4 (NH <sub>3</sub> faible)		J5 (NH <sub>3</sub> élevé)	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	72	-24%	55	-24%	55	-24%	47	-35%	55	-24%	55	-24%	55	-24%
Autriche	93	-57%	40	-57%	35	-62%	42	-55%	35	-62%	38	-59%	35	-62%
Bélarus	843	-41%	494	-41%	494	-41%	262	-69%	494	-41%	494	-41%	494	-41%
Belgique	336	-43%	193	-43%	76	-77%	75	-78%	80	-76%	77	-77%	76	-77%
Bosnie-Herzégovine	487	-15%	415	-15%	162	-67%	277	-43%	94	-81%	216	-56%	161	-67%
Bulgarie	1 842	-54%	846	-54%	378	-79%	776	-58%	397	-78%	378	-79%	378	-79%
Croatie	180	-61%	70	-61%	23	-87%	59	-67%	21	-88%	23	-87%	23	-87%
République tchèque	1 873	-80%	366	-80%	283	-85%	184	-90%	296	-84%	283	-85%	282	-85%
Danemark	182	-51%	90	-51%	60	-67%	66	-64%	39	-79%	58	-68%	60	-67%
Estonie	275	-36%	175	-36%	175	-36%	107	-61%	175	-36%	175	-36%	175	-36%
Finlande	226	-49%	116	-49%	116	-49%	103	-54%	116	-49%	116	-49%	116	-49%
France	1 250	-64%	448	-64%	219	-82%	252	-80%	222	-82%	252	-80%	193	-85%
Allemagne	5 280	-89%	581	-89%	463	-91%	442	-92%	480	-91%	474	-91%	457	-91%
Grèce	504	8%	546	8%	546	8%	363	-28%	546	8%	546	8%	546	8%
Hongrie	913	-40%	546	-40%	296	-68%	187	-80%	311	-66%	296	-68%	296	-68%
Irlande	178	-63%	66	-63%	36	-80%	72	-60%	38	-79%	46	-74%	36	-80%
Italie	1 679	-66%	567	-66%	290	-83%	277	-84%	289	-83%	316	-81%	261	-84%
Lettonie	121	-14%	104	-14%	104	-14%	49	-60%	104	-14%	104	-14%	104	-14%
Lituanie	213	-50%	107	-50%	107	-50%	51	-76%	107	-50%	107	-50%	107	-50%
Luxembourg	14	-71%	4	-71%	3	-79%	4	-71%	3	-79%	4	-71%	3	-79%
Pays-Bas	201	-64%	73	-64%	50	-75%	42	-79%	53	-74%	50	-75%	50	-75%
Norvège	52	-38%	32	-38%	18	-65%	32	-38%	19	-63%	18	-65%	25	-52%
Pologne	3 001	-53%	1 397	-53%	722	-76%	1 392	-54%	757	-75%	723	-76%	722	-76%
Portugal	284	-50%	141	-50%	141	-50%	138	-51%	141	-50%	141	-50%	141	-50%
République de Moldova	197	-41%	117	-41%	38	-81%	77	-61%	40	-80%	38	-81%	38	-81%
Roumanie	1 331	-59%	594	-55%	148	-89%	354	-73%	155	-88%	148	-89%	148	-89%
Fédération de Russie	5 012	-53%	2 344	-53%	2 186	-56%	1 184	-76%	2 185	-56%	2 155	-57%	2 201	-56%
Slovaquie	548	-75%	137	-75%	92	-83%	47	-91%	97	-82%	92	-83%	92	-83%
Slovénie	200	-65%	71	-65%	14	-93%	71	-65%	15	-93%	14	-93%	14	-93%
Espagne	2 189	-74%	774	-74%	747	-66%	747	-66%	747	-66%	746	-66%	747	-66%
Suède	119	-44%	67	-44%	67	-44%	67	-44%	67	-44%	66	-45%	67	-44%
Suisse	43	-40%	26	-40%	23	-47%	24	-44%	24	-44%	26	-40%	22	-49%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	107	-24%	81	-24%	81	-24%	75	-30%	81	-24%	81	-24%	81	-24%
Ukraine	3 706	-60%	1 457	-60%	1 457	-60%	621	-83%	1 449	-61%	1 445	-61%	1 460	-61%
Royaume-Uni	3 805	-98%	980	-74%	499	-87%	429	-89%	520	-86%	582	-85%	497	-87%
Yougoslavie	585	-54%	269	-54%	217	-63%	250	-57%	65	-89%	230	-61%	211	-64%
Communauté européenne	16 339	-71%	4 687	-71%	3 349	-80%	3 118	-81%	3 376	-79%	3 514	-78%	3 286	-80%
Total	37 941	-62%	14 420	-62%	10 421	-73%	9 245	-76%	10 317	-73%	10 613	-72%	10 374	-73%

Tableau 4. Émissions de NH<sub>3</sub> en 1990, dans le scénario de référence et le scénario G5/2 révisé et pour les cas de sensibilité (J2 à J5). Variations en pourcentage par rapport à 1990 (estimations du modèle RAINS)

	1990 RAINS		REF		G5/2 (révisé)		J2 (après Kyoto)		J3 (SO <sub>2</sub> élevé)		J4 (NH <sub>3</sub> faible)		J5 (NH <sub>3</sub> élevé)	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	32	9%	35	0%	32	0%	32	0%	32	0%	30	-6%	31	-3%
Autriche	77	-13%	67	-14%	66	-14%	66	-14%	66	-14%	61	-21%	67	-13%
Bélarus	219	-26%	163	-36%	140	-36%	157	-28%	140	-36%	143	-35%	147	-33%
Belgique	97	-1%	96	-38%	60	-38%	69	-29%	57	-41%	63	-35%	59	-39%
Bosnie-Herzégovine	31	-26%	23	-29%	22	-29%	22	-29%	22	-29%	20	-35%	23	-26%
Bulgarie	141	-11%	126	-26%	105	-26%	108	-23%	105	-26%	102	-28%	110	-22%
Croatie	40	-8%	37	-28%	29	-28%	29	-28%	29	-28%	27	-33%	30	-25%
République tchèque	107	1%	108	-6%	101	-6%	105	-2%	101	-6%	96	-10%	107	0%
Danemark	77	-6%	72	-10%	69	-10%	71	-8%	69	-10%	63	-18%	72	-6%
Estonie	29	0%	29	0%	29	0%	29	0%	29	0%	27	-7%	29	0%
Finlande	40	-23%	31	-23%	31	-23%	31	-23%	31	-23%	28	-30%	31	-23%
France	807	-4%	777	-20%	642	-20%	657	-19%	643	-20%	627	-22%	645	-20%
Allemagne	757	-25%	571	-45%	413	-45%	460	-39%	412	-46%	418	-45%	416	-45%
Grèce	80	-8%	74	-9%	73	-9%	73	-9%	73	-9%	67	-16%	74	-8%
Hongrie	120	14%	137	-36%	77	-36%	83	-31%	77	-36%	73	-39%	79	-34%
Irlande	127	-1%	126	-9%	116	-9%	117	-8%	116	-9%	115	-9%	117	-8%
Italie	462	-6%	432	-23%	356	-23%	356	-23%	356	-23%	347	-25%	360	-22%
Lettonie	43	-19%	35	-19%	35	-19%	35	-19%	35	-19%	33	-23%	35	-19%
Lituanie	80	1%	81	-10%	72	-10%	77	-4%	72	-10%	72	-10%	74	-8%
Luxembourg	7	0%	7	0%	7	0%	7	0%	7	0%	6	-14%	7	0%
Pays-Bas	233	-42%	136	-55%	105	-55%	105	-55%	104	-55%	96	-59%	109	-53%
Norvège	23	-9%	21	-9%	21	-9%	21	-9%	21	-9%	18	-22%	21	-9%
Pologne	505	7%	541	-7%	468	-7%	477	-6%	469	-7%	454	-10%	468	-7%
Portugal	71	-6%	67	-8%	65	-8%	66	-7%	65	-8%	61	-14%	62	-13%
République de Moldova	47	2%	48	-13%	41	-13%	45	-4%	41	-13%	40	-15%	42	-11%
Roumanie	292	4%	304	-22%	227	-22%	240	-18%	227	-22%	225	-23%	231	-21%
Fédération de Russie	1 282	-30%	894	-30%	894	-30%	894	-30%	894	-30%	819	-36%	894	-30%
Slovaquie	60	-22%	47	-35%	39	-35%	39	-35%	39	-35%	38	-37%	41	-32%
Slovénie	23	-9%	21	-30%	16	-30%	18	-22%	16	-30%	16	-30%	17	-26%
Espagne	352	0%	353	0%	353	0%	353	0%	353	0%	353	0%	353	0%
Suède	61	-21%	48	-21%	48	-21%	48	-21%	48	-21%	48	-21%	48	-21%
Suisse	72	-8%	66	-13%	63	-13%	63	-13%	63	-13%	60	-17%	66	-8%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	17	-6%	16	-12%	15	-12%	15	-12%	15	-12%	13	-24%	14	-18%
Ukraine	729	-11%	649	-19%	588	-19%	589	-19%	588	-19%	536	-26%	592	-19%
Royaume-Uni	329	-10%	297	-20%	264	-20%	264	-20%	264	-20%	244	-26%	264	-20%
Yougoslavie	90	-9%	82	-29%	64	-29%	69	-23%	65	-28%	64	-29%	66	-27%
Communauté européenne	3 578	-12%	3 154	-25%	2 668	-25%	2 743	-23%	2 663	-26%	2 596	-27%	2 683	-25%
Total	7 559	-12%	6 617	-24%	5 746	-24%	5 890	-22%	5 744	-24%	5 503	-27%	5 801	-23%

Tableau 5. Coûts des mesures de réduction pour le scénario G5/2 (révisé) et les essais de sensibilité par rapport au scénario de référence (REF)  
(en millions d'euros/an)

Partie	REF	NO <sub>x</sub> et COV - Surcoût par rapport à REF					SO <sub>2</sub> - Surcoût par rapport à REF					
		G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé
Albanie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autriche	902	70	2	70	70	48	191	5	0	7	1	5
Bélarus	0	3	1	3	3	8	0	0	0	6	0	0
Belgique	1 278	452	325	452	380	452	426	122	122	125	118	127
Bosnie-Herzégovine	1	2	1	2	1	4	0	55	0	78	38	55
Bulgarie	4	10	4	10	27	16	153	58	0	58	58	58
Croatie	1	5	4	6	3	10	52	18	0	22	18	18
République tchèque	568	235	85	220	213	240	411	36	0	36	35	36
Danemark	484	8	0	8	8	8	138	13	0	33	15	13
Estonie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Finlande	642	0	0	0	0	0	247	0	0	8	0	0
France	7 383	437	449	537	373	555	1 276	132	91	155	83	209
Allemagne	10 549	484	315	487	387	493	3 264	240	134	250	191	251
Grèce	1 048	2	1	2	1	2	434	0	0	4	0	0
Hongrie	420	112	29	136	97	136	166	113	51	113	113	113
Irlande	477	10	4	10	3	52	132	12	9	12	7	12
Italie	7 868	245	35	228	271	222	1 776	87	9	97	77	107
Lettonie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Lituanie	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Luxembourg	71	2	13	2	1	5	13	0	0	0	0	0
Pays-Bas	1 731	112	63	156	87	196	340	19	49	19	19	19
Norvège	567	12	0	12	12	2	56	10	0	10	10	2
Pologne	2 487	373	77	373	178	373	855	283	0	284	283	284
Portugal	1 349	57	37	57	62	58	181	0	0	2	0	0
République de Moldova	0	0	0	0	0	0	0	30	1	30	30	30
Roumanie	2	100	40	91	48	140	155	137	46	137	137	137
Fédération de Russie	21	0	0	0	0	0	694	54	9	81	65	49
Slovaquie	331	11	5	11	5	27	91	25	0	25	25	25
Slovénie	93	1	1	1	1	1	35	23	0	23	23	23
Espagne	5 658	42	12	39	42	44	809	9	70	21	9	9
Suède	1 125	45	0	45	50	40	316	0	0	4	0	0
Suisse	831	2	2	2	2	2	118	1	0	1	0	2
Ex-Rép. youg. de Macédoine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Ukraine	0	44	3	44	39	42	328	8	0	31	11	7
Royaume-Uni	6 695	353	326	342	478	653	1 269	295	135	303	168	300
Yougoslavie	3	6	6	6	4	31	88	27	0	150	17	32
Communauté européenne	47 258	2 318	1 583	2 435	2 212	2 827	10 813	935	619	1 042	689	1 053
Total	52 590	3 235	1 840	3 352	2 846	3 861	14 014	1 812	726	2 134	1 551	1 923



Tableau 6. Coûts des mesures de réduction pour le scénario G5/2 (révisé) et les essais de sensibilité par rapport au scénario de référence (REF)  
(en millions d'euros/an)

Partie	REF	NH <sub>3</sub> - Surcoût par rapport à REF					Total - Surcoût par rapport à REF					
		G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé
Albanie	0	1	1	1	1	2	0	1	1	2	1	2
Autriche	0	1	0	1	0	12	1 093	76	3	78	71	65
Bélarus	0	9	2	9	3	9	0	12	4	18	6	18
Belgique	0	312	147	467	133	467	1 704	886	595	1 044	631	1 046
Bosnie-Herzégovine	0	1	1	1	0	1	1	58	2	82	39	60
Bulgarie	0	13	7	13	7	13	157	81	12	81	92	86
Croatie	0	3	3	3	3	4	52	26	8	32	25	32
République tchèque	0	9	3	9	2	9	979	280	88	265	251	285
Danemark	0	2	0	2	1	4	623	22	0	42	24	25
Estonie	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1
Finlande	0	0	0	0	0	4	889	0	0	8	0	4
France	0	367	261	359	125	581	8 659	936	801	1 052	581	1 345
Allemagne	0	842	322	853	299	1 219	13 813	1 567	771	1 591	877	1 963
Grèce	0	0	0	0	0	4	1 482	2	1	6	1	6
Hongrie	0	319	191	320	255	378	586	545	270	569	464	627
Irlande	9	146	122	145	7	356	618	168	134	167	17	421
Italie	0	85	84	84	58	120	9 644	417	128	409	406	450
Lettonie	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Lituanie	0	4	2	4	2	4	0	4	2	6	2	5
Luxembourg	15	0	0	0	0	0	98	2	13	2	1	5
Pays-Bas	517	672	632	741	616	741	2 588	803	744	917	722	957
Norvège	0	3	0	3	18	9	623	25	0	25	40	14
Pologne	0	182	115	173	45	342	3 342	838	192	830	505	999
Portugal	0	2	1	2	0	18	1 530	59	38	61	62	76
République de Moldova	0	3	1	3	2	3	0	33	2	33	32	34
Roumanie	0	304	187	304	111	417	157	541	273	533	295	695
Fédération de Russie	0	0	0	0	0	17	715	54	9	81	65	66
Slovaquie	0	7	7	7	3	8	423	43	13	44	33	61
Slovénie	0	2	1	2	1	2	128	25	2	25	24	26
Espagne	28	0	0	0	0	30	6 495	51	82	60	51	83
Suède	113	0	0	0	0	48	1 554	45	0	49	50	88
Suisse	0	6	6	6	1	6	949	9	8	9	2	10
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2
Ukraine	0	30	27	29	27	96	328	82	30	104	78	145
Royaume-Uni	0	23	23	23	22	87	7 964	671	484	669	668	1 040
Yougoslavie	0	94	52	93	25	114	92	128	58	249	46	177
Communauté européenne	682	2 450	1 592	2 677	1 261	3 692	58 754	5 704	3 794	6 154	4 163	7 573
Total	682	3 443	2 199	3 658	1 768	5 129	67 287	8 491	4 769	9 149	6 163	10 920

Tableau 7. Indices d'exposition de la population et de la végétation pour le scénario G5/2 (révisé) et les essais de sensibilité (J2 à J5) par rapport à 1990 et au scénario de référence (REF)

	Indice d'exposition cumulé de la population (millions de personnes · ppm · h)						Indice d'exposition cumulé de la végétation (exposition excédentaire sur 1 000 km <sup>2</sup> · ppm · h)							
	1990	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé	1990	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé
	Albanie	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autriche	16	3	1	1	1	2	1	468	257	194	191	193	198	192
Bélarus	4	1	0	0	0	0	0	186	78	44	22	44	49	39
Belgique	71	34	22	22	22	23	22	177	141	115	115	115	115	115
Bosnie-Herzégovine	3	0	0	0	0	0	0	244	162	126	122	126	129	124
Bulgarie	4	1	0	0	0	0	0	357	281	228	196	229	229	225
Croatie	8	3	1	1	1	2	1	347	214	173	170	173	176	171
République tchèque	34	11	5	5	5	6	5	570	311	218	210	217	226	214
Danemark	9	3	1	1	1	1	1	160	53	30	30	30	32	29
Estonie	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	311	89	54	50	53	54	53	4 168	2 345	1 865	1 755	1 853	1 881	1 845
Allemagne	404	140	91	84	90	94	89	2 341	1 204	901	871	899	920	894
Grèce	7	4	3	3	3	3	3	245	170	146	129	146	146	145
Hongrie	27	12	6	6	6	7	6	631	404	290	275	287	302	282
Irlande	3	1	0	0	0	0	0	29	8	3	3	3	3	3
Italie	183	63	40	41	40	39	40	1 852	1 186	993	994	994	992	994
Lettonie	1	0	0	0	0	0	0	42	6	2	1	2	3	2
Lituanie	2	0	0	0	0	0	0	77	23	9	2	9	11	7
Luxembourg	3	1	1	1	1	1	1	25	14	11	10	11	11	11
Pays-Bas	73	38	26	25	26	26	26	110	79	63	65	63	62	63
Norvège	1	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1
Pologne	91	36	18	17	18	20	17	1 510	829	529	498	527	584	518
Portugal	16	8	6	6	6	6	6	383	274	229	226	230	241	240
République de Moldova	3	1	0	0	0	0	0	83	56	43	34	43	44	42
Roumanie	17	6	1	0	1	1	1	845	623	458	402	458	480	443
Fédération de Russie	21	7	5	2	5	5	4	1 764	983	861	611	860	868	857
Slovaquie	15	6	3	3	3	4	3	341	215	153	140	151	159	148
Slovénie	4	1	1	1	1	1	1	139	94	78	77	78	78	77
Espagne	35	7	3	3	3	4	3	2 088	1 281	1 046	1 022	1 045	1 097	1 064
Suède	4	0	0	0	0	0	0	163	18	7	8	7	7	7
Suisse	14	2	1	0	1	1	0	155	85	70	68	70	70	69
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	0	0	0	0	0	0	52	40	33	30	33	33	33
Ukraine	45	14	6	3	6	6	6	1 776	1 206	971	774	970	997	957
Royaume-Uni	125	77	49	50	49	49	48	204	153	111	116	111	108	110
Yougoslavie	8	3	1	1	1	1	1	327	248	195	184	194	199	191
Communauté européenne	1 260	466	298	286	297	302	294	12 412	7 183	5 714	5 536	5 699	5 815	5 710
Total	1 563	572	345	326	343	356	338	21 865	13 042	10 196	9 352	10 172	10 451	10 112

Tableau 8. Écosystèmes dans lesquels les dépôts acides et les dépôts d'azote sont supérieurs aux charges critiques pour le scénario G5/2 révisé et les essais de sensibilité (J2 à J5) par rapport à 1990 et au scénario de référence (REF)

	Dépôts acides supérieurs aux charges critiques (1 000 ha)						Dépôts d'azote supérieurs aux charges critiques (1 000 ha)							
	1990	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé	1990	REF	G5/2 révisé	J2 après Kyoto	J3 SO <sub>2</sub> élevé	J4 NH <sub>3</sub> faible	J5 NH <sub>3</sub> élevé
Albanie	0	0	0	0	0	0	0	240	200	160	147	160	133	155
Autriche	2 376	162	68	78	69	74	67	5 392	3 441	2 477	2 504	2 471	2 397	2 491
Bélarus	2 709	1 048	686	116	688	687	565	2 049	1 293	924	940	924	937	937
Belgique	410	155	52	52	51	52	51	700	677	572	581	558	577	564
Bosnie-Herzégovine	132	131	0	0	0	0	0	1 104	725	460	440	458	438	483
Bulgarie	0	0	0	0	0	0	0	3 964	3 396	1 263	1 228	1 263	1 232	1 615
Croatie	7	0	0	0	0	0	0	70	18	10	9	10	9	10
République tchèque	2 394	474	81	67	93	80	83	2 608	2 312	1 983	1 977	1 977	1 947	2 019
Danemark	54	9	5	5	5	5	5	197	119	85	84	84	72	86
Estonie	314	11	8	8	8	8	8	1 296	738	598	585	598	592	598
Finlande	4 725	1 183	756	673	757	644	775	7 386	2 538	1 738	1 486	1 729	1 613	1 733
France	8 191	218	84	85	84	85	83	29 320	25 160	21 632	21 632	21 627	21 578	21 885
Allemagne	8 158	1 617	567	585	588	604	558	10 157	9 184	7 312	7 504	7 272	7 464	7 267
Grèce	0	0	0	0	0	0	0	295	236	85	60	85	52	97
Hongrie	144	65	37	36	37	37	37	166	150	125	125	125	125	126
Irlande	97	12	8	9	8	9	8	91	58	29	29	29	29	29
Italie	2 065	74	51	51	51	51	50	5 921	3 795	2 508	2 498	2 506	2 360	2 571
Lettonie	128	0	0	0	0	0	0	2 260	1 553	1 417	1 387	1 415	1 404	1 418
Lituanie	817	78	5	0	5	5	0	1 462	1 357	894	894	894	895	899
Luxembourg	58	5	1	1	1	1	1	88	80	63	63	63	63	63
Pays-Bas	285	193	76	75	76	76	76	312	291	278	276	278	276	278
Norvège	5 314	2 573	1 928	1 950	1 931	1 900	1 936	2 053	281	35	36	35	27	36
Pologne	12 634	1 357	173	476	181	172	173	16 875	16 218	14 894	14 907	14 895	14 896	14 906
Portugal	1	1	1	1	1	1	1	913	709	580	580	580	578	581
République de Moldova	84	29	10	10	10	10	10	1	0	0	0	0	0	0
Roumanie	231	51	17	17	17	17	17	3 450	2 495	1 770	1 770	1 770	1 769	1 773
Fédération de Russie	27 105	4 073	1 026	1 037	1 027	636	1 155	47 704	26 263	23 123	20 066	23 121	21 365	23 094
Slovaquie	1 033	295	149	138	151	151	149	1 874	1 507	939	916	935	937	952
Slovénie	363	19	4	4	4	4	4	489	156	87	87	87	85	87
Espagne	78	17	17	17	17	17	17	2 390	1 158	850	812	849	917	872
Suède	6 348	1 605	1 166	1 142	1 148	1 170	1 174	2 588	891	620	606	617	609	619
Suisse	508	57	35	36	35	36	35	2 105	1 887	1 468	1 472	1 467	1 445	1 561
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	0	0	0	0	0	0	242	158	108	101	108	93	106
Ukraine	2 397	643	237	303	242	238	238	6 181	5 331	3 859	3 763	3 859	3 736	3 863
Royaume-Uni	4 117	1 182	636	547	650	639	604	1 030	126	62	58	62	55	58
Yougoslavie	2	2	0	0	0	0	0	2 306	1 994	1 280	1 276	1 280	1 272	1 287
Communauté européenne	36 963	6 433	3 486	3 320	3 504	3 425	3 469	6 6778	48 461	38 890	38 775	38 810	38 641	39 194
Total	93 279	17 339	7 884	7 516	7 935	7 409	7 880	165 279	116 495	94 288	90 919	94 191	91 977	95 119

Tableau 9. Émissions de NO<sub>x</sub> dans le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé et le scénario de réduction uniforme des émissions ainsi que dans les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (J9 et J10)

Partie	REF		G5/2 (révisé)		J7		J11		J9		J10	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	36	50%	36	50%	16	-33%	16	-33%	36	50%	36	50%
Autriche	103	-46%	91	-53%	103	-46%	103	-46%	91	-53%	91	-53%
Bélarus	316	-21%	290	-28%	221	-45%	221	-45%	290	-28%	290	-28%
Belgique	191	-46%	144	-59%	191	-46%	191	-46%	144	-59%	127	-64%
Bosnie-Herzégovine	60	-25%	53	-34%	44	-45%	44	-45%	54	-33%	53	-34%
Bulgarie	297	-16%	266	-25%	195	-45%	195	-45%	266	-25%	266	-25%
Croatie	91	11%	87	6%	45	-45%	45	-45%	84	2%	87	6%
République tchèque	296	-46%	188	-66%	296	-46%	296	-46%	149	-73%	188	-66%
Danemark	128	-53%	113	-59%	128	-53%	128	-53%	107	-73%	113	-59%
Estonie	73	-13%	73	-13%	46	-45%	46	-45%	73	-13%	73	-13%
Finlande	152	-45%	152	-45%	152	-45%	152	-45%	152	-45%	152	-45%
France	858	-54%	704	-62%	858	-54%	858	-54%	705	-62%	704	-62%
Allemagne	1 184	-56%	1 081	-59%	1 184	-56%	1 184	-56%	1 014	-62%	1 081	-59%
Grèce	344	0%	344	0%	248	-28%	248	-28%	344	0%	344	0%
Hongrie	198	-10%	137	-37%	120	-45%	120	-45%	141	-36%	137	-37%
Irlande	70	-38%	55	-51%	62	-45%	62	-45%	49	-57%	55	-51%
Italie	1 130	-45%	901	-56%	1 122	-45%	1 122	-45%	903	-56%	901	-56%
Lettonie	118	1%	118	1%	65	-44%	65	-44%	118	1%	118	1%
Lituanie	138	-10%	134	-12%	84	-45%	84	-45%	134	-12%	134	-12%
Luxembourg	10	-55%	8	-64%	10	-55%	10	-55%	8	-64%	8	-64%
Pays-Bas	280	-48%	266	-51%	280	-48%	280	-48%	237	-56%	266	-51%
Norvège	178	-19%	142	-35%	125	-43%	125	-43%	173	-21%	142	-35%
Pologne	879	-28%	654	-46%	670	-45%	670	-45%	649	-47%	654	-46%
Portugal	177	-15%	144	-31%	114	-45%	114	-45%	177	-15%	144	-31%
République de Moldova	66	-24%	64	-26%	48	-45%	48	-45%	64	-26%	64	-26%
Roumanie	458	-12%	328	-37%	286	-45%	286	-45%	334	-36%	328	-37%
Fédération de Russie	2 653	-24%	2 653	-24%	1 920	-45%	1 920	-45%	2 653	-24%	2 653	-24%
Slovaquie	132	-40%	115	-47%	121	-45%	121	-45%	115	-47%	115	-47%
Slovénie	36	-40%	34	-43%	33	-45%	33	-45%	34	-43%	34	-43%
Espagne	847	-27%	726	-38%	640	-45%	640	-45%	660	-43%	726	-38%
Suède	190	-44%	159	-53%	186	-45%	186	-45%	158	-53%	159	-53%
Suisse	79	-52%	76	-53%	79	-52%	79	-52%	75	-54%	76	-53%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	29	-26%	29	-26%	21	-46%	21	-46%	29	-26%	29	-26%
Ukraine	1 433	-24%	1 222	-35%	1 039	-45%	1 039	-45%	1 222	-35%	1 222	-35%
Royaume-Uni	1 186	-58%	1 181	-58%	1 186	-58%	1 186	-58%	907	-68%	1 181	-58%
Yougoslavie	152	-28%	132	-37%	116	-45%	116	-45%	132	-37%	132	-37%
Communauté européenne	6 849	-48%	6 069	-54%	6 464	-51%	6 464	-51%	5 656	-57%	6 054	-54%
Total		-35%	14 528	-42%	13 685	-45%	13 685	-45%	14 111	-44%	14 513	-42%

Tableau 10. Émissions de COV dans le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé et le scénario de réduction uniforme des émissions ainsi que dans les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (J9 et J10)

Partie	REF		G5/2 (révisé)		J7		J11		J9		J10	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	41	32%	41	32%	17	-45%	41	32%	41	32%	41	32%
Autriche	205	-42%	142	-60%	192	-45%	142	-60%	142	-60%	142	-60%
Bélarus	309	-17%	298	-20%	203	-45%	188	-49%	298	-20%	298	-20%
Belgique	193	-48%	103	-72%	193	-48%	193	-48%	122	-67%	122	-67%
Bosnie-Herzégovine	48	-6%	48	-6%	28	-45%	48	-6%	48	-6%	48	-6%
Bulgarie	190	-3%	185	-5%	107	-45%	165	-15%	185	-5%	186	-5%
Croatie	111	8%	86	-17%	56	-46%	86	-17%	86	-17%	100	-3%
République tchèque	305	-31%	156	-65%	241	-45%	190	-57%	156	-17%	133	-70%
Danemark	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%	85	-53%
Estonie	49	9%	49	9%	25	-44%	29	-36%	49	9%	49	9%
Finlande	110	-48%	110	-48%	110	-48%	92	-57%	110	-48%	110	-48%
France	1 223	-49%	989	-64%	1 223	-49%	1 038	-56%	989	-58%	849	-64%
Allemagne	1 137	-64%	995	-68%	1 137	-64%	1 137	-64%	995	-68%	986	-68%
Grèce	267	-21%	261	-22%	184	-45%	184	-45%	261	-22%	261	-22%
Hongrie	160	-22%	137	-33%	111	-46%	160	-22%	137	-33%	158	-23%
Irlande	55	-50%	55	-50%	55	-50%	55	-50%	55	-50%	54	-51%
Italie	1 159	-44%	1 030	-50%	1 123	-45%	1 056	-49%	1 030	-50%	1 116	-46%
Lettonie	56	-11%	56	-11%	34	-46%	42	-33%	56	-11%	56	-11%
Lituanie	105	-5%	105	-5%	61	-45%	68	-39%	105	-5%	105	-5%
Luxembourg	7	-63%	7	-63%	7	-63%	7	-63%	7	-63%	5	-74%
Pays-Bas	233	-52%	157	-68%	233	-52%	233	-52%	157	-68%	156	-68%
Norvège	195	-34%	195	-34%	162	-45%	135	-55%	195	-34%	195	-34%
Pologne	807	1%	475	-40%	436	-45%	700	-12%	475	-40%	446	-44%
Portugal	144	-32%	102	-52%	116	-45%	144	-32%	102	-52%	102	-52%
République de Moldova	42	-16%	42	-16%	27	-46%	42	-16%	42	-16%	42	-16%
Roumanie	504	0%	500	-1%	275	-45%	426	-15%	500	-1%	501	0%
Fédération de Russie	2 787	-21%	2 723	-23%	1 935	-45%	1 861	-47%	2 723	-23%	2 723	-23%
Slovaquie	140	-7%	140	-7%	82	-46%	97	-36%	140	-7%	140	-7%
Slovénie	40	-27%	40	-27%	30	-45%	36	-35%	40	-27%	40	-27%
Espagne	669	-34%	648	-36%	551	-45%	669	-34%	648	-36%	655	-35%
Suède	290	-43%	241	-53%	279	-45%	174	-66%	241	-53%	227	-56%
Suisse	144	-48%	144	-48%	144	-48%	124	-55%	144	-48%	143	-49%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	19	0%	19	0%	10	-47%	19	0%	19	0%	19	0%
Ukraine	851	-27%	770	-34%	634	-45%	836	-28%	770	-34%	787	-32%
Royaume-Uni	1 351	-49%	1 101	-59%	1 351	-49%	1 051	-61%	1 101	-59%	1 021	-62%
Yougoslavie	139	-2%	138	-3%	77	-46%	139	-2%	138	-3%	138	-3%
Communauté européenne	7 128	-49%	6 024	-57%	6 838	-51%	6 260	-55%	6 045	-57%	5 893	-58%
Total	14 168	-37%	12 370	-45%	11 534	-49%	11 691	-48%	12 390	-45%	12 240	-46%

Tableau 11. Émissions de SO<sub>2</sub> dans le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé et le scénario de réduction uniforme des émissions ainsi que dans les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (J9 et J10)

Partie	REF		G5/2 (révisé)		J7		J11		J9		J10	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	55	-24%	55	-24%	20	-72%	50	-31%	55	-24%	55	-24%
Autriche	40	-57%	35	-62%	31	-67%	40	-57%	35	-62%	35	-62%
Bélarus	494	-41%	494	-41%	232	-72%	158	-81%	494	-41%	494	-41%
Belgique	193	-43%	76	-77%	92	-73%	169	-50%	82	-76%	82	-76%
Bosnie-Herzégovine	415	-15%	162	-67%	134	-72%	70	-86%	162	-67%	216	-56%
Bulgarie	846	-54%	378	-79%	506	-73%	145	-92%	378	-79%	378	-79%
Croatie	70	-61%	23	-87%	49	-73%	70	-61%	23	-87%	23	-87%
République tchèque	366	-80%	283	-85%	366	-80%	267	-86%	283	-85%	275	-85%
Danemark	90	-51%	60	-67%	50	-73%	79	-57%	60	-67%	32	-82%
Estonie	175	-36%	175	-36%	75	-73%	24	-91%	175	-36%	175	-36%
Finlande	116	-49%	116	-49%	71	-69%	77	-66%	116	-49%	116	-49%
France	448	-64%	219	-82%	343	-73%	448	-64%	219	-82%	193	-85%
Allemagne	581	-89%	463	-91%	29	-73%	581	-89%	484	-91%	484	-91%
Grèce	546	8%	546	8%	468	-91%	155	-69%	546	8%	546	8%
Hongrie	546	-40%	296	-68%	138	-73%	296	-68%	301	-67%	301	-67%
Irlande	66	-63%	36	-80%	296	-68%	54	-70%	36	-80%	25	-86%
Italie	567	-66%	290	-83%	49	-72%	566	-66%	290	-83%	295	-82%
Lettonie	104	-14%	104	-14%	461	-73%	42	-65%	104	-14%	104	-14%
Lituanie	107	-50%	107	-50%	33	-73%	58	-73%	107	-50%	107	-50%
Luxembourg	4	-71%	3	-79%	59	-72%	4	-71%	3	-79%	3	-79%
Pays-Bas	73	-64%	50	-75%	4	-71%	73	-64%	50	-75%	50	-75%
Norvège	32	-38%	18	-65%	55	-73%	32	-38%	18	-65%	32	-38%
Pologne	1 397	-53%	722	-76%	17	-67%	590	-80%	722	-76%	432	-86%
Portugal	141	-50%	141	-50%	824	-73%	141	-50%	141	-50%	141	-50%
République de Moldova	117	-41%	38	-89%	78	-73%	67	-66%	38	-81%	44	-78%
Roumanie	594	-55%	148	-89%	54	-73%	359	-73%	148	-89%	148	-89%
Fédération de Russie	2 344	-53%	2 186	-56%	366	-73%	1 632	-67%	2 186	-56%	2 202	-56%
Slovaquie	137	-75%	92	-83%	1377	-73%	91	-83%	92	-83%	92	-83%
Slovénie	71	-65%	14	-93%	137	-75%	30	-85%	14	-93%	14	-93%
Espagne	774	-65%	747	-66%	55	-73%	577	-74%	747	-66%	260	-88%
Suède	67	-44%	67	-44%	601	-73%	67	-44%	67	-44%	67	-44%
Suisse	26	-40%	23	-47%	53	-55%	26	-40%	23	-47%	26	-40%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	81	-24%	81	-24%	12	-72%	33	-69%	81	-24%	81	-24%
Ukraine	1 488	-60%	1 457	-61%	1 018	-73%	782	-79%	1 457	-61%	1 435	-61%
Royaume-Uni	980	-74%	499	-87%	980	-74%	886	-77%	499	-87%	446	-88%
Yougoslavie	269	-54%	217	-63%	161	-72%	162	-72%	217	-63%	230	-61%
Communauté européenne	4 687	-71%	3 349	-80%	3 475	-79%	3 918	-76%	3 375	-79%	2 775	-83%
Total	15 571	-60%	11 572	-70%	10 446	-73%	10 053	-74%	11 605	-70%	10 791	-72%

Tableau 12. Émissions de NH<sub>3</sub> dans le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé et le scénario de réduction uniforme des émissions ainsi que dans les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (J9 et J10)

Partie	REF		G5/2 (révisé)		J7 Révision uniforme		J11 Révision uniforme		J9 Non-respect des objectifs		J10 Respect des objectifs	
	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation	kt	Variation
Albanie	35	9%	32	0%	25	-22%	28	-13%	32	0%	32	0%
Autriche	67	-13%	66	-14%	59	-23%	66	-14%	66	-14%	66	-14%
Bélarus	163	-26%	140	-36%	163	-26%	103	-53%	140	-36%	140	-36%
Belgique	96	-1%	60	-38%	74	-24%	93	-4%	60	-38%	60	-38%
Bosnie-Herzégovine	23	-26%	22	-29%	23	-26%	23	-26%	22	-29%	22	-29%
Bulgarie	126	-11%	105	-26%	107	-24%	86	-39%	105	-26%	105	-26%
Croatie	37	-8%	29	-28%	30	-25%	37	-8%	29	-28%	29	-28%
République tchèque	108	1%	101	-6%	81	-24%	88	-18%	101	-6%	101	-6%
Danemark	72	-6%	69	-10%	58	-25%	44	-43%	69	-10%	69	-10%
Estonie	29	0%	29	0%	22	-24%	16	-45%	29	0%	29	0%
Finlande	31	-23%	31	-23%	31	-23%	31	-23%	31	-23%	31	-23%
France	777	-4%	642	-20%	613	-24%	526	-35%	642	-20%	566	-30%
Allemagne	571	-25%	413	-45%	570	-25%	571	-25%	413	-45%	394	-48%
Grèce	74	-8%	73	-9%	61	-24%	74	-8%	73	-9%	73	-9%
Hongrie	137	14%	77	-36%	91	-24%	88	-27%	77	-36%	80	-33%
Irlande	126	-1%	116	-9%	111	-13%	111	-13%	116	-9%	118	-7%
Italie	432	-6%	356	-23%	351	-24%	432	-6%	356	-23%	356	-23%
Lettonie	35	-19%	35	-19%	33	-23%	23	-47%	35	-19%	35	-19%
Lituanie	81	1%	72	-10%	61	-24%	49	-39%	72	-10%	75	-6%
Luxembourg	7	0%	7	0%	7	0%	7	0%	7	0%	7	0%
Pays-Bas	136	-42%	105	-55%	136	-42%	127	-45%	114	-51%	114	-51%
Norvège	21	-9%	21	-9%	18	-22%	21	-9%	21	-9%	21	-9%
Pologne	541	7%	468	-7%	384	-24%	368	-27%	468	-7%	477	-6%
Portugal	67	-6%	65	-8%	54	-24%	67	-6%	65	-8%	63	-11%
République de Moldova	48	2%	41	-13%	36	-23%	37	-21%	41	-13%	41	-13%
Roumanie	304	4%	227	-22%	222	-24%	206	-29%	227	-22%	227	-22%
Fédération de Russie	894	-30%	894	-30%	891	-30%	836	-35%	894	-30%	894	-30%
Slovaquie	47	-22%	39	-35%	45	-25%	45	-25%	39	-35%	40	-33%
Slovénie	21	-9%	16	-30%	17	-26%	17	-26%	16	-30%	18	-22%
Espagne	353	0%	353	0%	268	-24%	318	-10%	353	0%	353	0%
Suède	48	-21%	48	-21%	46	-25%	48	-21%	48	-21%	48	-21%
Suisse	66	-8%	63	-13%	55	-24%	58	-19%	63	-13%	66	-8%
Ex-Rép. youg. de Macédoine	16	-6%	15	-12%	13	-24%	16	-6%	15	-12%	15	-12%
Ukraine	649	-11%	588	-19%	554	-24%	431	-41%	588	-19%	589	-19%
Royaume-Uni	297	-10%	264	-20%	250	-24%	297	-10%	264	-20%	238	-28%
Yougoslavie	82	-9%	64	-29%	68	-24%	82	-9%	64	-29%	65	-28%
Communauté européenne	3 154	-12%	2 668	-25%	2 689	-25%	2 811	-21%	2 677	-25%	2 556	-29%
Total	6 616	-12%	5 745	-24%	5 627	-26%	5 470	-28%	5 754	-24%	5 658	-25%

Tableau 13. Coûts de réduction des émissions pour le scénario G5/2 (révisé), le scénario de réduction uniforme et les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (en millions d'euros/an)

Partie	REF	NO <sub>x</sub> et COV					SO <sub>2</sub>				
		J1	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs	REF	J1	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs
Albanie	0	0	89	0	0	0	0	15	1	0	0
Autriche	902	70	3	51	70	70	70	18	0	5	5
Bélarus	0	3	96	172	3	3	0	93	125	0	0
Belgique	1 278	452	0	0	179	179	426	68	9	93	93
Bosnie-Herzégovine	1	2	26	0	2	2	1	64	85	55	38
Bulgarie	4	10	181	229	10	10	153	42	182	58	58
Croatie	1	5	146	4	5	5	52	6	0	18	18
République tchèque	568	235	23	141	235	235	411	0	86	36	47
Danemark	484	8	0	32	8	8	138	22	5	13	37
Estonie	0	0	54	114	0	0	0	42	73	0	0
Finlande	642	0	0	98	0	0	247	106	74	0	0
France	7 383	437	0	127	437	437	1 276	38	0	132	211
Allemagne	10 549	484	0	0	484	484	3 264	282	0	113	113
Grèce	1 048	2	490	489	2	2	434	203	164	0	0
Hongrie	420	112	231	0	112	112	166	113	113	92	92
Irlande	477	10	2	0	10	10	132	6	4	12	29
Italie	7 868	245	21	74	245	245	1 776	30	0	87	83
Lettonie	0	0	128	192	0	0	0	33	22	0	0
Lituanie	0	0	129	170	0	0	0	20	21	0	0
Luxembourg	71	2	0	9	2	2	13	0	0	0	1
Pays-Bas	1 731	112	0	0	112	112	340	11	0	19	19
Norvège	567	12	198	310	12	12	56	16	0	10	0
Pologne	2 487	373	492	131	373	373	855	232	422	283	588
Portugal	1 349	57	141	0	57	57	181	0	0	0	0
République de Moldova	0	0	16	0	0	0	0	23	18	30	27
Roumanie	2	100	340	12	100	100	155	52	53	137	137
Fédération de Russie	21	0	1 133	1021	0	0	694	333	286	54	48
Slovaquie	331	11	57	89	11	11	91	0	32	25	25
Slovénie	93	1	8	2	1	1	35	6	16	23	23
Espagne	5 658	42	288	44	42	42	809	57	65	9	255
Suède	1 125	45	4	397	45	45	316	80	0	0	0
Suisse	831	2	0	21	2	2	118	34	0	1	0
Ex-Rép. youg. de Macédoine	1	0	15	0	0	0	0	28	26	0	0
Ukraine	0	44	283	408	44	44	328	155	256	8	14
Royaume-Uni	6 695	353	0	625	353	353	1 269	0	33	295	464
Yougoslavie	3	6	60	0	6	6	88	72	71	27	17
Communauté européenne	47 258	2 318	949	1 946	2 046	2 046	10 813	948	354	778	1 311
Total	52 590	3 235	4 654	4 959	2 963	2 963	14 016	2 327	2 240	1 635	2 442



Tableau 14. Coûts de réduction des émissions pour le scénario G5/2 (révisé), le scénario de réduction uniforme et les scénarios de plafonnement des coûts marginaux (en millions d'euros/an)

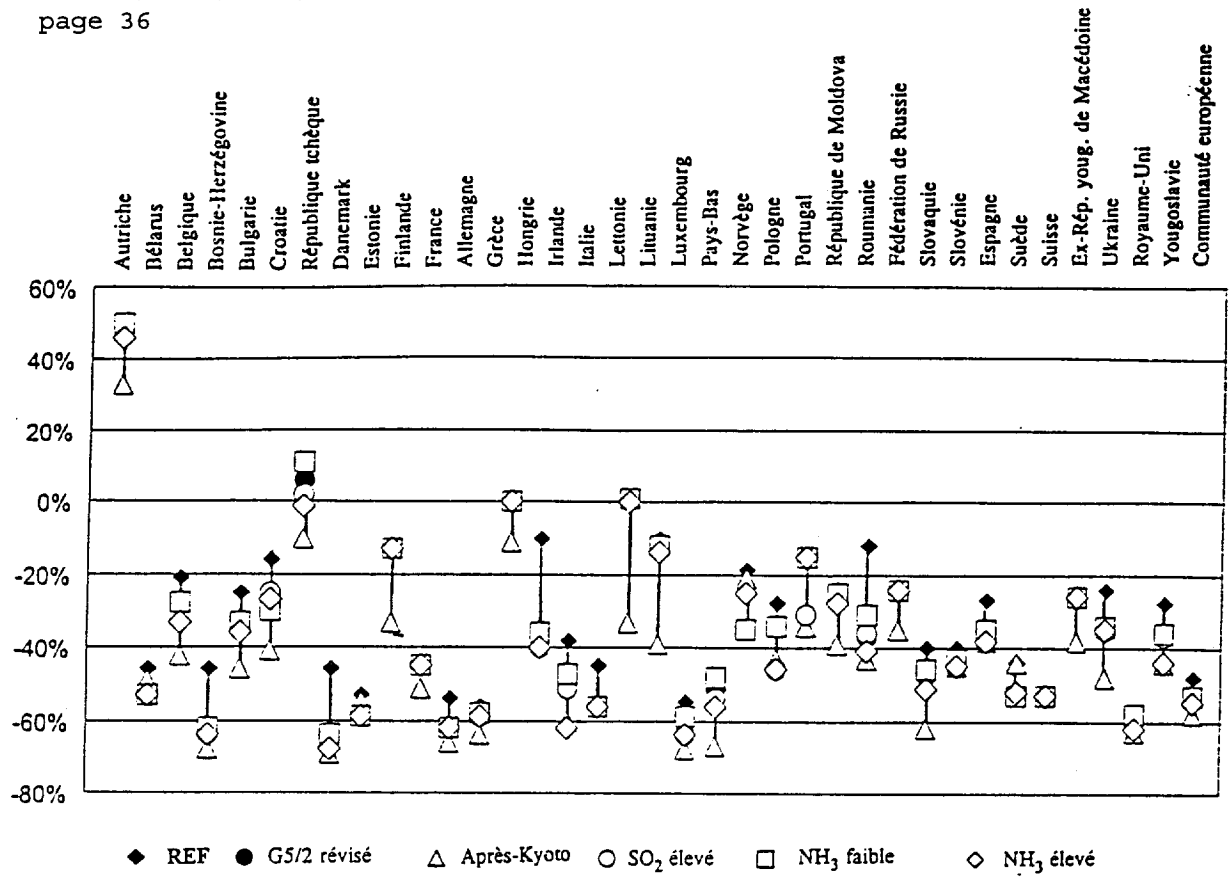
Partie	REF	NH <sub>3</sub>					Total					
		J1	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs	REF	J1	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs
Albanie	0	1	56	10	1	1	0	1	160	11	1	1
Autriche	0	1	38	2	1	1	1 093	1	60	53	76	76
Bélarus	0	9	0	433	9	9	0	12	189	729	12	12
Belgique	0	312	95	4	312	310	1 704	886	163	12	584	583
Bosnie-Herzégovine	0	1	0	0	1	1	1	58	90	85	58	40
Bulgarie	0	13	10	262	13	13	157	81	232	673	81	81
Croatie	0	3	3	0	3	3	52	26	154	4	26	25
République tchèque	0	9	160	86	9	9	979	280	184	312	280	578
Danemark	0	2	120	539	2	2	623	22	142	575	22	54
Estonie	0	0	6	83	0	0	0	0	103	270	0	0
Finlande	0	0	0	0	0	0	889	0	106	173	0	0
France	0	367	586	1 592	367	947	8 659	936	624	1 719	936	1 977
Allemagne	0	842	1	0	842	1 262	13 813	1 567	283	0	1 439	2 249
Grèce	0	0	95	0	0	0	1 482	2	788	654	2	2
Hongrie	0	319	94	124	319	245	586	545	438	237	523	428
Irlande	9	146	455	455	146	107	618	168	463	460	168	161
Italie	0	85	96	0	85	84	9 644	417	147	74	417	341
Lettonie	0	0	1	33	0	0	0	0	162	247	0	0
Lituanie	0	4	58	246	4	3	0	4	207	437	4	3
Luxembourg	15	0	0	0	0	0	98	2	0	9	2	9
Pays-Bas	517	672	0	108	345	345	2 588	803	11	108	476	572
Norvège	0	3	74	0	3	0	623	25	287	310	25	0
Pologne	0	182	1 056	1 455	182	115	3 342	838	1 779	2 007	838	1 168
Portugal	0	2	51	0	2	6	1 530	59	220	0	59	51
République de Moldova	0	3	21	12	3	3	0	33	60	29	33	30
Roumanie	0	304	385	764	304	305	157	541	777	829	541	529
Fédération de Russie	0	0	5	34	0	0	715	54	1 472	1340	54	48
Slovaquie	0	7	1	1	7	3	423	43	58	122	43	39
Slovénie	0	2	1	2	2	1	128	25	15	20	25	24
Espagne	28	0	497	101	0	0	6 495	51	841	210	51	364
Suède	113	0	33	0	0	0	1 554	45	117	397	45	63
Suisse	0	6	105	45	6	6	949	9	139	66	9	5
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	1	7	0	1	1	1	1	50	26	1	1
Ukraine	0	30	134	1 334	30	27	328	82	572	1 998	82	85
Royaume-Uni	0	23	95	0	23	195	7 964	671	95	658	671	1963
Yougoslavie	0	94	57	0	94	90	92	128	189	71	128	113
Communauté européenne	682	2 450	2 164	2 801	2 125	3 259	58 754	5 704	4 061	5 100	4 949	8 465
Total	682	3 442	4 398	7 723	3 116	4 089	67 288	8 490	11 380	14 922	7 713	11 676

Tableau 15. Indices d'exposition de la population et de la végétation pour le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé, le scénario de réduction uniforme et les scénarios de plafonnement des coûts marginaux

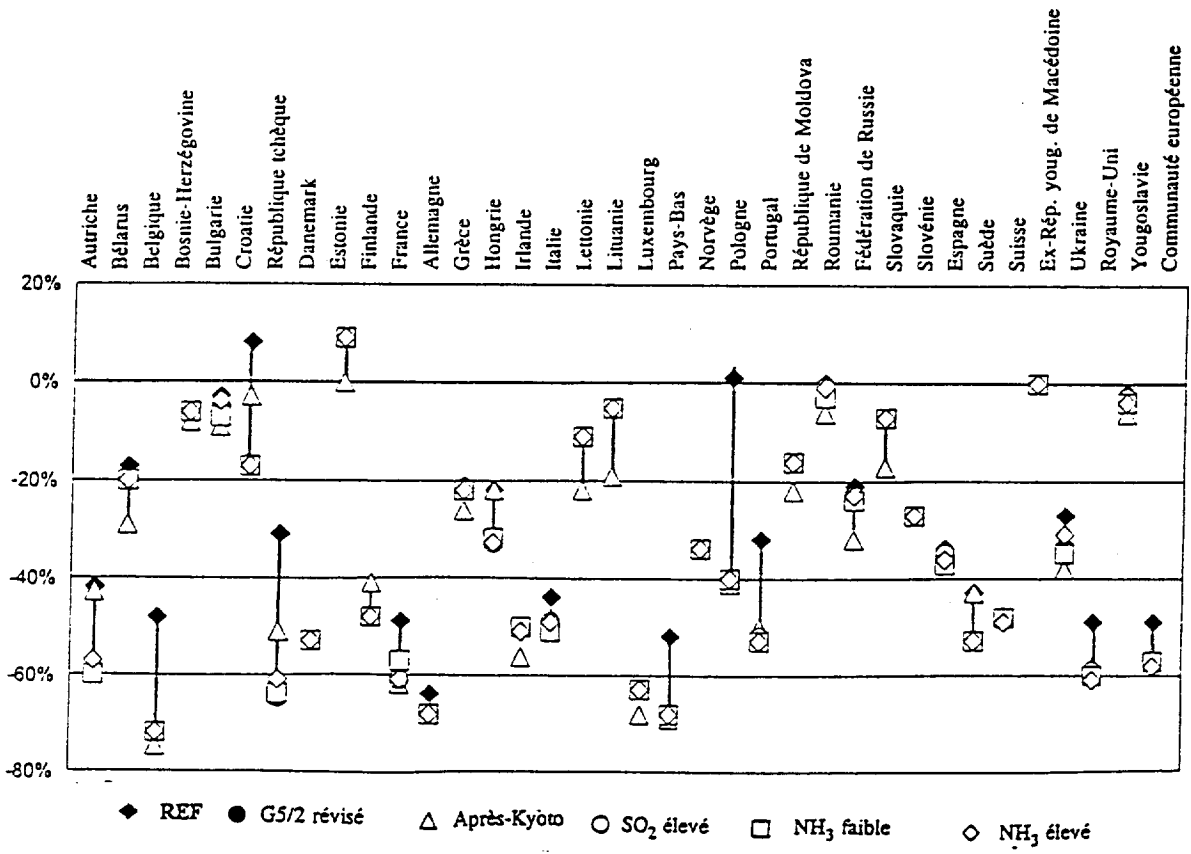
Partie	REF	Indice d'exposition de la population					REF	Indice d'exposition de la végétation					
		G5/2 Révisé	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs		G5/2 Révisé	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs	
Albanie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autriche	3	1	2	2	0	0	257	194	232	227	+1	0	-7
Bélarus	1	0	0	0	0	0	78	44	22	20	0	0	-3
Belgique	34	22	32	30	+1	0	141	115	138	133	+1	0	0
Bosnie-Herzégovine	0	0	0	0	0	0	162	126	125	148	0	0	0
Bulgarie	1	0	0	0	0	0	281	228	178	205	0	0	-1
Croatie	3	1	2	2	0	1	214	173	175	197	0	0	-1
République tchèque	11	5	9	7	0	-2	311	218	269	260	+1	-15	-15
Danemark	3	1	2	2	0	0	53	30	45	38	0	0	-4
Estonie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	89	54	83	76	+1	-3	2 345	1 865	2 278	2 195	+12	-55	-55
Allemagne	140	91	130	121	+2	-7	1 204	901	1 133	1 085	+7	-44	-44
Grèce	4	3	2	2	0	0	170	146	110	122	0	1	1
Hongrie	12	6	6	9	0	0	404	290	292	348	0	0	-4
Irlande	1	0	1	1	0	0	8	3	7	5	0	0	0
Italie	63	40	55	52	0	+2	1 186	993	1 107	1 098	0	10	10
Lettonie	0	0	0	0	0	0	6	2	1	0	0	0	-1
Lituanie	0	0	0	0	0	0	23	9	2	2	0	0	-2
Luxembourg	1	1	1	1	0	0	14	11	14	13	0	0	0
Pays-Bas	38	26	36	34	+1	0	79	63	76	73	+1	0	0
Norvège	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Pologne	36	18	24	25	0	-2	829	529	593	622	+1	-41	-41
Portugal	8	6	5	7	0	0	274	229	210	262	0	6	6
République de Moldova	1	0	0	0	0	0	56	43	32	40	0	0	-1
Roumanie	6	1	0	3	0	0	623	458	399	512	0	0	-3
Fédération de Russie	7	5	2	2	0	0	983	861	460	484	0	0	-5
Slovaquie	6	3	4	4	0	0	215	153	161	175	0	0	-5
Slovénie	1	1	1	1	0	0	94	78	85	86	0	0	-1
Espagne	7	3	4	5	0	0	1 281	1 046	963	1 133	2	-49	-49
Suède	0	0	0	0	0	0	18	7	12	8	0	0	-1
Suisse	2	1	2	1	0	-1	85	70	83	78	0	0	-2
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	0	0	0	0	0	40	33	25	32	0	0	0
Ukraine	14	6	2	4	0	0	1 206	971	747	805	0	0	-12
Royaume-Uni	77	49	73	61	+1	-3	153	111	152	123	+1	+1	+1
Yougoslavie	3	1	1	2	0	0	248	195	183	218	0	0	-2
Communauté européenne	466	298	426	394	+6	-12	7 183	5 714	6 476	6 516	+25	-142	-142
Total	570	346	479	456	+6	-17	13 043	10 196	10 310	10 750	+27	-238	-238

Tableau 16. Écosystèmes dans lesquels les dépôts d'acide et les dépôts d'azote sont supérieurs aux charges critiques pour le scénario de référence, le scénario G5/2 révisé, le scénario de réduction uniforme des émissions et les scénarios de plafonnement des coûts marginaux

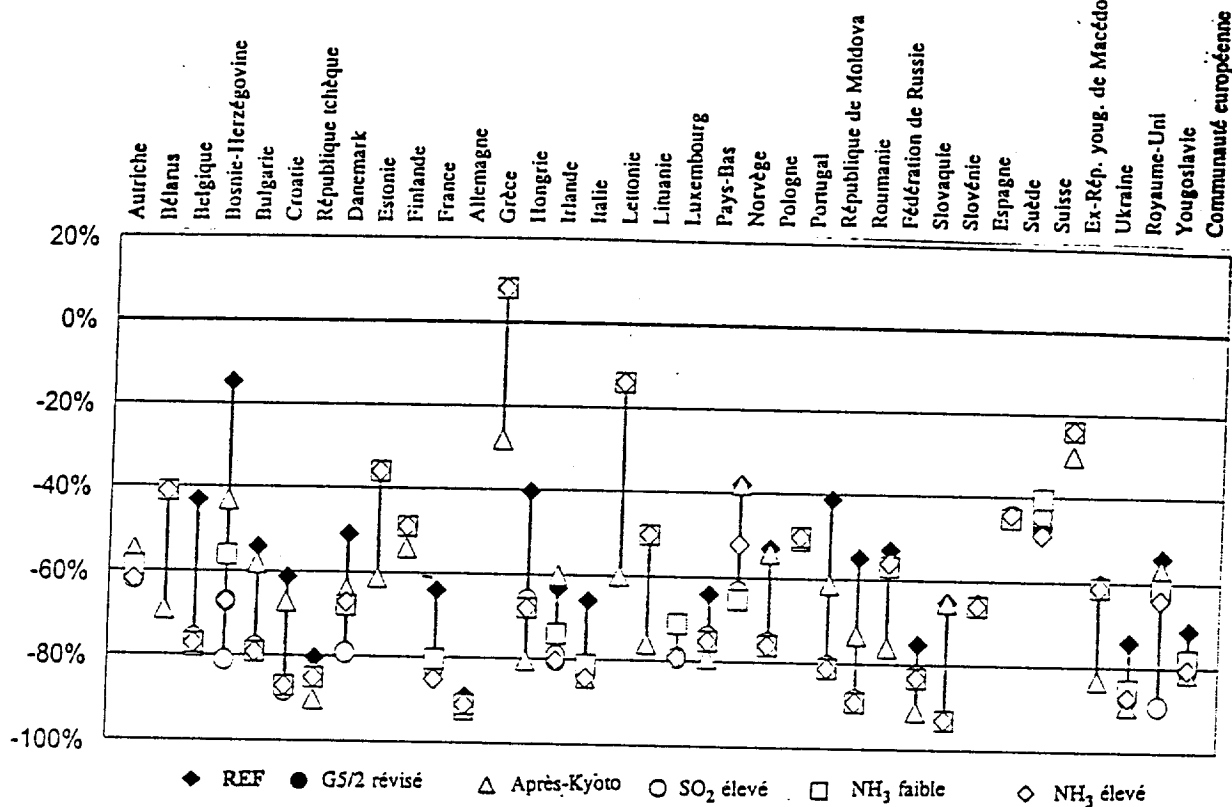
Partie	REF	Dépôts acides supérieurs aux charges critiques (1 000 ha)					Dépôts d'azote supérieurs aux charges critiques (1 000 ha)					
		G5/2 Révisé	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs	REF	G5/2 Révisé	J7 Réduction uniforme	J11 Réduction uniforme	J9 Non-respect des objectifs	J10 Respect des objectifs
Albanie	0	0	0	0	0	0	200	160	109	130	0	0
Autriche	162	68	108	117	+2	-5	3 441	2 477	2 860	2 989	+5	-126
Bélarus	1 048	686	72	2	+1	-200	1 293	924	894	597	+1	-5
Belgique	155	52	106	118	+4	-1	677	572	628	633	+7	-50
Bosnie-Herzégovine	131	0	0	0	0	0	725	460	496	590	0	-6
Bulgarie	0	0	0	0	0	0	3 396	1 263	1 114	1 200	0	-1
Croatie	0	0	0	0	0	0	18	10	10	17	0	0
République tchèque	474	81	170	125	+5	-23	2 312	1 983	2 016	2 028	+6	-100
Danemark	9	5	6	6	0	-1	119	85	72	18	0	-9
Estonie	11	8	3	2	0	0	738	598	560	479	0	-3
Finlande	1 183	756	360	289	+1	2	2 538	1 738	1 457	1 164	+9	-84
France	218	84	105	108	+1	-5	25 160	21 632	21 182	19 658	+6	-1 830
Allemagne	1 617	567	1 142	1 227	+40	-86	9 184	7 312	8 763	8 676	+53	-566
Grèce	0	0	0	0	0	0	236	85	47	48	0	0
Hongrie	65	37	38	38	0	0	150	125	129	130	0	+1
Irlande	12	8	9	9	0	0	58	29	28	28	0	0
Italie	74	51	56	62	0	-1	3 795	2 508	2 671	3 566	+2	-14
Lettonie	0	0	0	0	0	0	1 553	1 417	1 230	719	+1	-11
Lituanie	78	5	0	0	0	-5	1 357	894	850	594	0	3
Luxembourg	5	1	4	4	0	0	80	63	70	69	+1	-4
Pays-Bas	193	76	163	177	+11	0	291	278	287	286	+2	-1
Norvège	2 573	1 928	2 015	2 055	+9	-88	281	35	43	33	0	-2
Pologne	1 357	173	208	161	+3	-58	16 218	14 894	13 925	13 449	+10	-36
Portugal	1	1	0	1	0	0	709	580	349	691	0	0
République de Moldova	29	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Roumanie	51	17	17	17	0	0	2 495	1 770	1 730	1 706	0	-1
Fédération de Russie	4 073	1 026	111	54	+1	+96	26 263	23 123	18 565	16 534	+7	-85
Slovaquie	295	149	173	156	+1	-5	1 507	939	1 031	1 037	+1	-4
Slovénie	19	4	4	4	0	0	156	87	89	98	0	0
Espagne	17	17	10	9	0	-17	1 158	850	204	477	+1	-118
Suède	1 605	1 166	1 124	1 126	+9	-128	891	620	667	574	+3	-35
Suisse	57	35	39	44	0	-1	1 887	1 468	1 522	1 615	+3	-20
Ex-Rép. youg. de Macédoine	0	0	0	0	0	0	158	108	83	93	0	0
Ukraine	643	237	221	16	+1	-92	5 331	3 859	3 663	3 249	+1	-5
Royaume-Uni	1 182	636	944	1 029	+2	-256	126	62	58	95	+1	-61
Yougoslavie	2	0	0	0	0	0	1 994	1 280	1 269	1 818	0	-1
Communauté européenne	6 433	3 486	4 136	4 281	+72	-497	48 461	38 890	39 344	38 972	+91	-2 899
Total	17 341	7 883	7 220	6 967	+94	-873	116 494	94 287	88 672	85 087	+121	-3 172



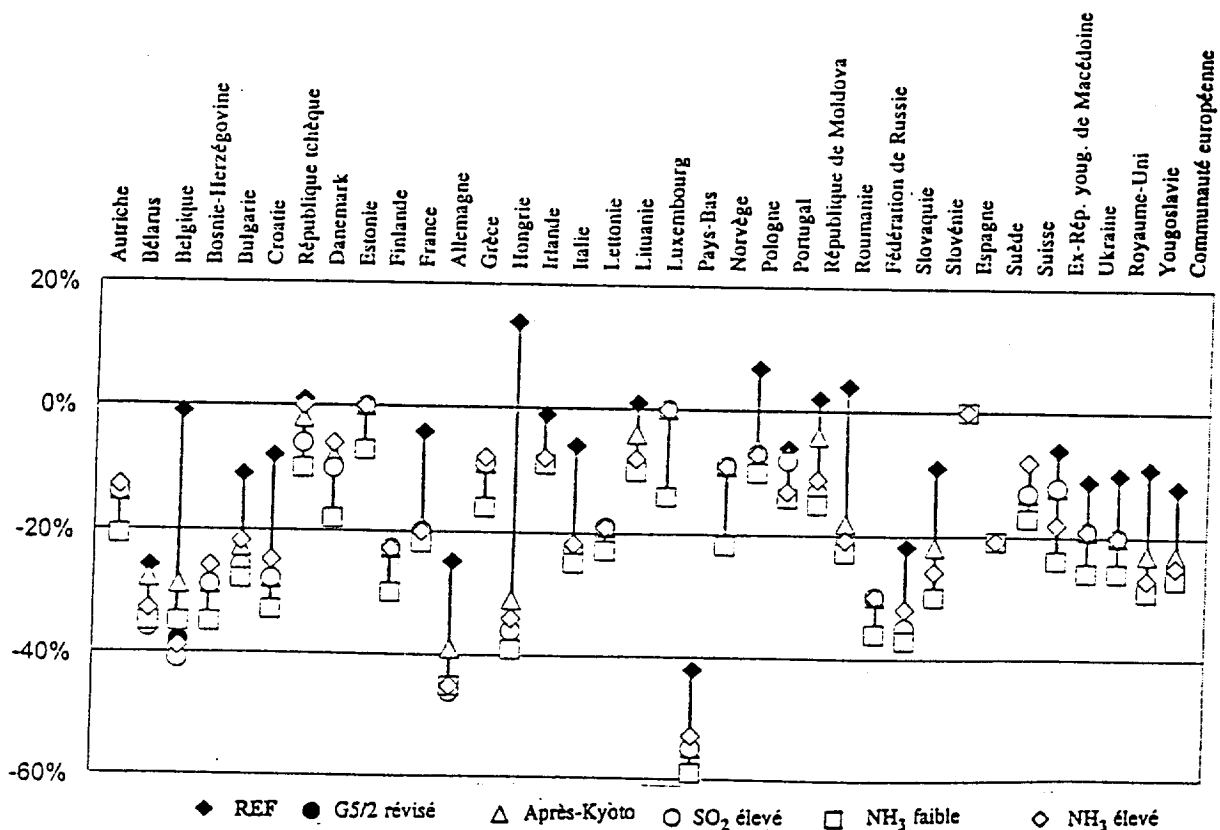
a) Variation des émissions de NO<sub>x</sub> par rapport à 1990



b) Variation des émissions de COV par rapport à 1990



c) Variation des émissions de SO<sub>2</sub> par rapport à 1990



d) Variation des émissions de NH<sub>3</sub> par rapport à 1990