



**Conseil Économique
et Social**

Distr.
GÉNÉRALE

EB.AIR/WG.5/1998/3
21 décembre 1998

FRANÇAIS
Original : ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

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

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

MODÈLES D'ÉVALUATION INTÉGRÉE

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

Introduction

1. Le présent rapport rend compte des scénarios établis en vue d'un protocole multipolluants/multieffets ainsi que des données utilisées pour la modélisation. Y figurent également les résultats de la vingt-deuxième réunion de l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée qui s'est tenue à Londres du 30 novembre au 2 décembre 1998. 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 République tchèque, du Royaume-Uni, de la Slovaquie, de la Suède, de la Suisse et de la Communauté européenne (CEE) participaient à cette réunion à laquelle le Centre de coordination pour les effets (CCE) et le Centre de synthèse météorologique-Ouest de l'EMEP (CSM-O), l'Agence européenne pour l'environnement et son centre local pour la qualité de l'air ainsi que l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA),

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'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. Dans la première partie du présent rapport, on trouvera un aperçu général des données et des méthodes utilisées par l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA). Les résultats des travaux de modélisation sont présentés dans le document EB.AIR/WG.5/1998/3/Add.1.

3. À sa vingt-septième session, le Groupe de travail des stratégies a indiqué dans quelle direction poursuivre les travaux sur les modèles d'évaluation intégrée et prié l'Équipe spéciale d'examiner un certain nombre de scénarios (EB.AIR/WG.5/56, par. 18 et 27). En réponse à ces demandes, l'IIASA a soumis à l'Équipe spéciale un rapport sur lequel est fondé le présent document. Les travaux de l'IIASA ont été rendus possibles grâce au financement du Conseil des ministres des pays nordiques, des Pays-Bas et de la Suisse. Les rapports de l'IIASA ainsi que des renseignements complémentaires relatifs au modèle régional pour l'information et la simulation en matière d'acidification (RAINS) utilisés par l'Institut peuvent être consultés par l'Internet (<http://www.iiasa.ac.at/-rains/tfiam22.html>). Les documents et les tableaux contiennent en particulier les cartes et les résultats de scénarios qui ne figurent pas dans le présent rapport.

4. Un projet concerté coordonné par l'Institut finlandais pour l'environnement et financé par le programme LIFE de la CE a été mis en route en octobre 1997. Il porte sur le Danemark, l'Espagne, la Finlande et la Suède et a pour objet la mise au point et l'application à l'échelon national d'instruments permettant d'évaluer les réductions d'émission efficaces par rapport à leur coût et leurs incidences avec une résolution spatiale et temporelle élevée. Il contribue à vérifier la validité des modèles d'évaluation intégrée et facilite les travaux nationaux relatifs aux négociations en cours. Parmi les travaux en cours, on peut citer l'intégration de scénarios énergétiques nationaux dans les bases de données EMEP/CORINAIR et RAINS, le calcul et la comparaison des courbes nationales de coût, le calcul des dépassements de charge critique pour différentes limites de résolution spatiale et l'évaluation de l'incertitude des incidences. Un atelier devrait se tenir en même temps que la vingt-quatrième réunion de l'Équipe spéciale en juin 1999 pour faire connaître les résultats obtenus. L'Institut finlandais pour l'environnement en assurera la coordination et le programme LIFE de la CE apportera son concours.

I. DONNÉES EN ENTRÉE

A. Niveaux d'activité projetés

5. Le modèle RAINS repose sur les projections énergétiques nationales pour l'an 2010. Le modèle distingue la production, la conversion et la consommation de 22 types de combustibles dans six secteurs de l'économie. Ces bilans énergétiques sont complétés par d'autres renseignements dont il y a lieu de tenir compte pour établir les projections d'émission, tels que les types de chaudière (par exemple chaudières à cendres pulvérulentes ou chaudières à cendres fondues), la répartition des installations en fonction de leur dimension, les structures par âge, la composition du parc de véhicules, etc.

6. Le scénario énergétique de référence correspond aux prévisions officielles recueillies auprès de diverses sources nationales et internationales dans l'hypothèse de politiques inchangées. Pour les pays de la CE, il s'agit du scénario d'avant Kyoto de la DG-XVII de la Commission européenne qui supposait une politique inchangée, sauf pour les pays qui avaient fait état d'un autre scénario énergétique (Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, Grèce, Irlande, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suède). L'Italie a également soumis un scénario national qui n'a toutefois pas pu être intégré dans la base de données de RAINS du fait de discordances. Pour les pays hors CE, les projections énergétiques reposent sur les données communiquées par les gouvernements à la CEE et publiées dans la base de données énergétiques de la CEE. Lorsque cela était nécessaire, l'IIASA a calculé les prévisions manquantes à l'aide d'un modèle simple de projection énergétique. Pour la Norvège, la Pologne, la République tchèque et la Slovaquie, les prévisions ont été modifiées d'après les observations de spécialistes nationaux.

7. Le scénario énergétique retenu aux fins du présent rapport prévoit, pour les pays de la CE, un accroissement de la consommation totale d'énergie de 19 % entre 1990 et 2010. La demande de charbon enregistrerait une diminution de 30 %, compensée par une augmentation rapide de la demande de gaz naturel (72 %) et des autres combustibles, tels que les énergies nucléaire, hydroélectrique et renouvelables (24 %). Le secteur des transports devrait poursuivre sa croissance, ce qui entraînerait une augmentation de la demande de carburants de 32 %, malgré une diminution de la consommation des nouveaux modèles de voiture et de camion. Pour les pays hors CE, le scénario prévoit une réduction de 4 % de la consommation totale d'énergie primaire en raison du recul marqué entre 1990 et 1995 de la demande d'énergie primaire des pays de l'ex-Union soviétique et des autres pays à économie en transition. La restructuration économique de ces pays leur permettrait de connaître une croissance tout en maintenant la demande totale d'énergie primaire en 2010 inférieure à son niveau de 1990.

8. L'agriculture est une importante source d'émissions d'ammoniac. En dehors des mesures spécifiques de limitation des émissions provenant de l'élevage, l'évolution du cheptel est un facteur déterminant des futures émissions. Les projections des activités agricoles en 2010 ont été établies à partir de diverses études nationales et internationales, élaborées notamment pour le compte de la Commission européenne (DG VI). Pour les pays de la CE, on a fait l'hypothèse d'une libéralisation progressive de la politique agricole de la Communauté après 2005. Les prévisions qui figurent dans le présent rapport ont été examinées par les Parties en 1997 et tiennent compte des modifications proposées par les spécialistes des pays. La prévision de la consommation d'engrais par les pays de la CE ainsi que la Suisse et la Norvège, est tirée d'une étude de l'European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA). On a supposé un "prix modéré des céréales". Les hypothèses de base de cette projection sont une politique agricole de la CE plus conforme à la logique du marché après l'an 2000 et une adhésion des pays d'Europe centrale à la CE d'ici à 2005/2006. Les estimations de la consommation d'engrais pour le reste de l'Europe sont tirées des publications de l'Association internationale de l'industrie des engrais. Lorsque ces prévisions ne vont pas jusqu'en 2010, on a calculé les valeurs manquantes par extrapolation des tendances.

9. Pour l'ensemble de l'Europe, les projections font apparaître une stabilisation du nombre des volailles et des porcs, avec des variations selon les pays, et une diminution de 15 % en moyenne du nombre de vaches entre 1990 et 2010. La consommation d'engrais azotés devrait se contracter de près de 10 %. Des densités élevées de bétail et de consommation d'engrais apparaissent en Allemagne, en Belgique, au Danemark, aux Pays-Bas et dans certaines régions de France, en Irlande et au Royaume-Uni.

10. Environ la moitié des émissions anthropiques de COV sont dues à la combustion et à la distribution des combustibles fossiles. Dès lors, les projections de la consommation de combustible peuvent servir à estimer les futures émissions de COV provenant des sources correspondantes, à savoir les transports, la combustion fixe ainsi que l'extraction et la distribution de combustibles. L'évolution des autres secteurs qui émettent des COV est connue par les renseignements communiqués par la Commission européenne et les spécialistes des pays. Les prévisions d'activité sectorielle et les projections démographiques sont liées à l'évolution des secteurs d'émission de COV. Malheureusement, il existe peu de projections fiables et cohérentes des futurs taux d'activité au niveau industriel. Le plus souvent, on ne dispose de prévisions à long terme que pour un degré d'agrégation assez élevé des activités économiques. L'évolution, même celle des principaux secteurs économiques, est rarement précisée. Par conséquent, les variations dans le temps des taux d'activité ont été déterminées en faisant les quatre conventions suivantes :

a) L'évolution des taux d'activité de la transformation, de la distribution et de la combustion des combustibles fossiles dépend de l'évolution de la consommation de combustibles indiquée par le scénario énergétique;

b) D'autres taux d'activité (nettoyage à sec, utilisation de solvants par les ménages, traitement des véhicules, industrie agro-alimentaire) dépendent de la croissance économique et de l'évolution de la population;

c) L'évolution d'un certain nombre d'activités industrielles (par exemple dégraissage, peinture, utilisation de solvants dans l'industrie chimique, imprimerie, autre utilisation industrielle de solvants) dépend de l'évolution du produit intérieur brut sectoriel. À en juger par les statistiques, ces activités progressent souvent plus lentement que le PIB, aussi a-t-on utilisé des élasticités sectorielles obtenues à partir des statistiques;

d) Enfin, on a tenu compte des remarques des spécialistes des pays sur l'évolution de plusieurs secteurs.

Faute d'information supplémentaire, les taux d'activité des secteurs d'émission moins importants demeurent constants.

B. Estimations des émissions

11. À partir des données sur les activités obtenues comme on vient de l'indiquer, le modèle RAINS estime les niveaux actuels et futurs des émissions de SO₂, NO_x, COV et NH₃ à l'aide des facteurs d'émission découlant de l'inventaire des émissions dans l'air pour 1990 (CORINAIR) et du guide

EMEP/CORINAIR, ainsi que des rapports nationaux et de contacts avec des experts des pays. Les émissions sont estimées à un niveau d'agrégation qui dépend du degré de précision des projections énergétiques et agricoles et de CORINAIR.

12. La base de données d'émission du modèle RAINS a été récemment modifiée, notamment :

- Par actualisation des inventaires nationaux d'émission pour 1990, d'après les données communiquées par l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Croatie, le Danemark, la Finlande, la France, la Grèce, l'Italie, la Norvège, la Pologne, la République tchèque, le Royaume-Uni et la Suède.
- Par harmonisation du traitement des émissions provenant du cabotage, désormais comptabilisées comme émissions nationales des pays concernés, les émissions dues aux transports maritimes internationaux étant répartis en diverses catégories correspondant aux mers régionales.

Des échanges de vues entre les experts des pays et l'IIASA ont permis d'harmoniser certaines divergences entre les inventaires nationaux d'émission et les estimations RAINS. Dans tous les cas où les données nationales étaient bien attestées, elles ont servi à améliorer les estimations RAINS. Par rapport au précédent rapport de l'Équipe spéciale, les modifications les plus importantes apportées à la base de données d'émission ont concerné la France, la Grèce et la Suède, en raison du traitement différent des émissions provenant des "Autres sources mobiles".

13. Il importe également de mentionner que pour calculer les concentrations d'ozone, le modèle EMEP détermine de manière interne les émissions de COV d'origine naturelle ou agricole en fonction de la température, de l'utilisation des terres, etc. Les émissions d'origine agricole figurent également dans les estimations communiquées (secteur 10). Pour éviter de les compter deux fois, on les a exclues des sources anthropiques (et des courbes de coût) dans le présent rapport.

C. Le scénario de référence

14. Comme le Groupe de travail des stratégies l'a décidé à sa vingt-septième session (EB.AIR/WG.5/56, par. 18 c)), le scénario de référence est fondé sur les estimations obtenues dans le cadre de la législation en vigueur, sauf pour les pays de la CE ayant exprimé leur préférence pour un niveau d'émission inférieur prévu par leur plan de réduction actuel (EB.AIR/WG.5/56, par. 19). Les tableaux 1 à 4 indiquent les estimations obtenues par RAINS dans le cadre de la législation en vigueur, modifiées en fonction des observations faites par les spécialistes des pays. Ils indiquent également les plans de réduction actuels et les niveaux d'émission en 1990 sur la base des obligations découlant des protocoles ou des communications officielles au secrétariat au 30 novembre 1998. Certains de ces chiffres n'ont été communiqués qu'après que l'IIASA a réalisé ses travaux de modélisation et il est donc possible que les résultats présentés ici n'en tiennent pas compte. Les coûts de réduction correspondant au scénario de référence sont indiqués dans le tableau 5

ci-après. Les effets sur l'environnement dans le cas de ce scénario sont examinés à la section II de l'additif au présent rapport.

15. Le scénario correspondant à la législation en vigueur a été établi en associant les mesures de limitation des émissions résumées dans le dernier rapport sur les modèles d'évaluation intégrée (EB.AIR/WG.5/1998/1, par. 7 à 15) et les niveaux d'activité projetés pour l'an 2010 comme on l'a vu ci-dessus. Pour l'ensemble de l'Europe, le volume total des émissions de SO₂ serait inférieur de 61 % au niveau de 1990 (-69 % pour les pays de la CE). Les émissions de NO_x diminueraient de 34 % (-43 % dans la CE) et celles de COV de 35 %. Les émissions d'ammoniac seraient inférieures de 24 % à leur niveau de 1990 (voir les tableaux 1 à 4).

D. Les techniques de réduction et leurs coûts

16. S'il existe de multiples possibilités pour limiter les émissions, un modèle d'évaluation intégrée établi à l'échelle européenne doit se restreindre à un nombre raisonnable d'entre elles. Pour chaque catégorie de sources d'émission, le modèle RAINS définit un petit nombre de mesures de réduction. Pour chacune d'entre elles, il extrapole l'expérience pratique actuelle aux années futures, en tenant compte des principales conditions nationales et sectorielles qui influent sur l'applicabilité et les coûts des techniques.

17. Le modèle RAINS estime les coûts précis de chaque technique antiémission existante, en tenant compte des dépenses d'investissement et des coûts d'exploitation. Les investissements sont annualisés pour la durée de vie technique de l'équipement antipollution, en utilisant un taux d'actualisation de 4 %. On considère que les performances techniques ainsi que les investissements, l'entretien et la consommation matérielle sont propres à chaque technologie. Pour une technique donnée, ces paramètres seront donc les mêmes dans toute l'Europe. Les caractéristiques du combustible, les dimensions de la chaudière, l'utilisation de la capacité, les coûts de main-d'oeuvre et les coûts matériels (ainsi que la taille des étables et les possibilités d'application dans le cas des techniques de réduction des émissions d'ammoniac) constituent d'importants facteurs propres à chaque pays qui influent sur les coûts réels de la réduction des émissions dans des conditions données.

Tableau 1 : Émissions de NO_x en 1990 et projections pour 2010

	1990	1990	2010	Législation	Référence		Réductions	
	chiffres communiqués	RAINS	chiffres communiqués	actuelle (LEA)	kt	Variation <u>a/</u>	maximales possibles (RMP)	Variation <u>a/</u>
Autriche	196	192	154	110	110	-43 %	54	-72 %
Bélarus	285	402	180	316	316	- 21%	56	- 86%
Belgique	343	351	-	199	199	-43%	81	-77%
Bosnie-Herzégovine	-	80	-	60	60	-25%	11	-86%
Bulgarie	376	355	290	297	297	-16%	61	-83%
Canada	2 104	-	2 085	-	-	-	-	-
Croatie	83	82	83	91	91	11%	16	-81%
Chypre	20	-	23	-	-	-	-	-
République tchèque	742	546	351	296	296	-46%	78	-86%
Danemark	282	274	-	131	131	-52%	49	-82%
Finlande	300	276	-	159	159	-42%	56	-80%
France	1 585	1 867	-	1 017	1 017	-46%	383	-79%
Allemagne	2 654 <u>b/</u>	2 662	1 316	1 256	1 256	-53%	622	-77%
Grèce	344	345	-	426	344	0%	127	-63%
Hongrie	238	219	196	198	198	10%	50	-77%
Islande	20	-	19	-	-	-	-	-
Irlande	115	113	105	73	73	-35%	27	-76%
Italie	1 938	2 037	1 436	1 166	1 166	-43%	396	-81%
Lettonie	90	117	-	118	118	1%	23	-81%
Lichtenstein	0,63	-	-	-	-	-	-	-
Lituanie	158	153	110	138	138	-10%	25	-83%
Luxembourg	23	22	-	10	10	-55%	4	-80%
Pays-Bas	580	542	327	304	304	-44%	127	-77%
Norvège	222	220	-	183	183	-17%	49	-78%
Pologne	1 280	1 217	879	879	879	-28%	266	-78%
Portugal	221	208	-	181	181	-13%	51	-76%
République de Moldova	39	87	34	66	66	-24%	14	-84%
Roumanie	546	518	-	458	458	-12%	100	-81%
Fédération de Russie <u>c/</u>	2 675	3 486	-	2 798	2 798	-20%	527	-85%
Slovaquie	225	219	-	132	132	-40%	42	-81%
Slovénie	62	60	31	36	36	-40%	8	-87%
Espagne	1 177	1 162	-	866	866	-25%	263	-77%
Suède	338	338	200	195	195	-42%	75	-78%
Suisse	166	163	113	85	85	-48%	41	-75%
Ex-République yougoslave de Macédoine	-	39	-	29	29	-26%	5	-86%
Turquie	497	-	1 670	-	-	-	-	-
Ukraine	1 097	1 888	1 094	1 433	1 433	-24%	325	-83%
Royaume-Uni	2 762	2 839	1 186	1 385	1 186	-58%	521	-82%
États-Unis	21 584	-	19 141	-	-	-	-	-
Yougoslavie	66 <u>d/</u>	211	147	152	152	-28%	27	-87%
Communauté européenne	-	13 226	-	7 478	7 197	-46%	2 836	-79%
Océan Atlantique	-	911	-	-	-	-	-	-
Mer Baltique	-	80	-	-	-	-	-	-
Mer du Nord	-	639	-	-	-	-	-	-
Total	-	25 025	-	15 351	15 070	-36%	4 580	-80%

a/ Variation par rapport à 1990, d'après les estimations du modèle RAINS.

b/ Non compris les émissions provenant du trafic aérien international, des soutages des navires et des forêts jardinées.

c/ Pour la partie européenne à l'intérieur de la zone de l'EMEP.

d/ Émissions provenant des seules sources fixes.

Tableau 2 : Émissions de COV en 1990 et projections pour 2010

	1990	1990	2010	Législation	Référence		Réductions	
	chiffres communiqués	RAINS	chiffres communiqués	actuelle (LEA)	kt	Variation <u>a/</u>	kt	Variation <u>a/</u>
Autriche	367	352	266	206	206	-41%	97	-72%
Bélarus	533	371	321	309	309	-17%	71	-81%
Belgique	358	374	-	195	195	-48%	85	-77%
Bosnie-Herzégovine	-	51	-	48	48	-6%	11	-79%
Bulgarie	217	195	192	190	190	-3%	37	-81%
Canada	2 880	-	2 927	-	-	-	-	-
Croatie	105	103	100	111	111	8%	25	-76%
Chypre	-	-	-	-	-	-	-	-
République tchèque	435	442	-	367	304	-31%	102	-77%
Danemark	178	182	-	86	86	-53%	49	-73%
Finlande	207	213	150	111	111	-48%	49	-77%
France	2 404	2 423	-	1 256	1 256	-48%	658	-73%
Allemagne	3 181 <u>b/</u>	3 100	1 137	1 123	1 100	-65%	644	-79%
Grèce	-	336	-	268	268	-20%	100	-70%
Hongrie	205	204	145	174	160	-22%	50	-75%
Islande	6	-	6	-	-	-	-	-
Irlande	197 <u>c/</u>	110	138	55	55	-50%	30	-73%
Italie	2 213	2 055	1 440	1 166	1 166	-43%	617	-70%
Lettonie	63	63	-	56	56	-11%	11	-82%
Lichtenstein	1,56	-	-	-	-	-	-	-
Lituanie	111	111	84	105	105	-5%	33	-70%
Luxembourg	20	19	-	7	7	-63%	5	-76%
Pays-Bas	502	490	247	237	237	-52%	136	-72%
Norvège	301	297	-	302	195	-34%	124	-58%
Pologne	831	797	954	807	807	1%	284	-64%
Portugal	206	212	-	164	144	-32%	68	-68%
République de Moldova	11,1	50	7,0	42	42	-16%	10	-80%
Roumanie	616	503	-	504	504	0%	126	-75%
Fédération de Russie <u>d/</u>	3 566	3 542	-	2 787	2 786	-21%	644	-82%
Slovaquie	149	151	-	140	140	-7%	57	-82%
Slovénie	42	55	25	40	40	-27%	12	-78%
Espagne	1 134	1 008	-	699	669	-34%	365	-64%
Suède	526	492	290	283	283	-42%	128	-74%
Suisse	292	278	143	145	145	-48%	72	-74%
Ex-République yougoslave de Macédoine	-	19	-	19	19	0%	4	-79%
Turquie	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	1 369	1 161	1 369	851	851	-27%	165	-86%
Royaume-Uni	2 552	2 667	1 351	1 638	1 351	-49%	841	-68%
États-Unis	19 037	-	13 418	-	-	-	-	-
Yougoslavie	-	142	-	139	139	-2%	26	-82%
Communauté européenne	-	14 032	-	7 494	7 133	-49%	3 872	-72%
Océan Atlantique	-	0	-	-	-	-	-	-
Mer Baltique	-	0	-	-	-	-	-	-
Mer du Nord	-	0	-	-	-	-	-	-
Total	-	22 641	-	14 719	14 175	-37%	5 755	-75%

a/ Variation par rapport à 1990, d'après les estimations du modèle RAINS.b/ Non compris les émissions provenant du trafic aérien international, des soutages des navires et des forêts jardinées.c/ On ne sait pas si les phénomènes naturels sont compris.d/ Pour la partie européenne à l'intérieur de la zone de l'EMEP.

Tableau 3 : Émissions de NH₃ en 1990 et projections pour 2010

	1990	1990	2010	Législation	Référence		Réductions	
	chiffres communiqués	RAINS	chiffres communiqués	actuelle (LEA)	kt	Variation <u>a/</u>	kt	Variation <u>a/</u>
Autriche	77	77	-	67	67	-13%	48	-38%
Bélarus	4	219	-	163	163	-26%	103	-53%
Belgique	104	97	-	96	96	-1%	57	-42%
Bosnie-Herzégovine	-	31	-	23	23	-26%	17	-45%
Bulgarie	144	141	126	126	126	-11%	86	-39%
Canada	-	-	-	-	-	-	-	-
Croatie	37	40	33	37	37	-8%	22	-46%
Chypre	-	-	-	-	-	-	-	-
République tchèque	156	107	-	108	108	1%	72	-33%
Danemark	122	77	-	72	72	-6%	40	-47%
Finlande	35	40	34	31	31	-23%	23	-43%
France	700	805	-	798	798	-1%	541	-33%
Allemagne	769 <u>b/</u>	757	572	571	571	-25%	353	-53%
Grèce	-	80	-	74	74	-8%	59	-26%
Hongrie	164 <u>c/</u>	120	150	137	137	-14%	73	-40%
Islande	-	-	-	-	-	-	-	-
Irlande	126 <u>c/</u>	127	126	130	126	-1%	111	-13%
Italie	466	462	449	432	416	-10%	282	-39%
Lettonie	44	43	-	35	35	-19%	19	-56%
Lichtenstein	0,15	-	-	-	-	-	-	-
Lituanie	84	80	84	81	81	1%	49	-38%
Luxembourg	7	7	-	9	7	0%	7	-4%
Pays-Bas	226	233	136	196	136	-42%	105	-55%
Norvège	23	23	-	21	21	-9%	17	-27%
Pologne	508	505	-	541	541	7%	367	-27%
Portugal	93	71	-	67	67	-6%	46	-36%
République de Moldova	-	47	0,15	48	48	2%	29	-39%
Roumanie	300	292	-	304	304	4%	206	-30%
Fédération de Russie <u>d/</u>	1 191	1 282	-	894	894	-30%	571	-55%
Slovaquie	62	60	-	47	47	-22%	30	-50%
Slovénie	24	23	27	21	21	-9%	12	-49%
Espagne	353	352	-	383	353	0%	225	-36%
Suède	51	61	48	61	48	-21%	44	-28%
Suisse	72	72	68	66	66	-8%	54	-25%
Ex-République yougoslave de Macédoine	-	17	-	16	16	-6%	11	-34%
Turquie	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	-	729	-	649	649	-11%	406	-44%
Royaume-Uni	333	329	-	297	297	-10%	218	-34%
États-Unis	4 731 <u>c/</u>	-	-	-	-	-	-	-
Yougoslavie	-	90	-	82	82	-9%	54	-40%
Communauté européenne	-	3 576	-	3 283	3 159	-12%	2 156	-40%
Océan Atlantique	-	0	-	-	-	-	-	-
Mer Baltique	-	0	-	-	-	-	-	-
Mer du Nord	-	0	-	-	-	-	-	-
Total	-	7 556	-	6 745	6 621	-12%	4 394	-42%

a/ Variation par rapport à 1990, d'après les estimations du modèle RAINS.

b/ Non compris les émissions provenant du trafic aérien international, des soutages des navires et des forêts jardinées.

c/ On ne sait pas si les phénomènes naturels sont compris.

d/ Pour la partie européenne à l'intérieur de la zone de l'EMEP.

Tableau 4 : Émissions de SO₂ en 1990 et projections pour 2010

	1990	1990	2010	Législation	Référence		Réductions	
	chiffres communiqués	RAINS	chiffres communiqués	actuelle (LEA)	kt	Variation <u>a/</u>	kt	Variation <u>a/</u>
Autriche	93	93	-	42	42	-55%	30	-68%
Bélarus	637	843	480	494	494	-41%	49	-94%
Belgique	322	336	215	208	208	-38%	60	-82%
Bosnie-Herzégovine	480	487	-	415	415	-15%	23	-95%
Bulgarie	2 020	1 842	1 127	846	846	-54%	130	-93%
Canada	3 236	-	2 914	-	-	-	-	-
Croatie	180	180	117	70	70	-61%	17	-91%
Chypre	55	-	62	-	-	-	-	-
République tchèque	1 876	1 873	376	366	366	-80%	100	-95%
Danemark	182	182	-	97	90	-51%	19	-90%
Finlande	260	232	-	124	116	-50%	67	-71%
France	1 298	1 250	737 <u>b/</u>	489	489	-61%	165	-87%
Allemagne	5 263 <u>c/</u>	5 280	609 <u>c/</u>	661	660	-88%	311	-94%
Grèce	503	504	570	562	562	12%	87	-83%
Hongrie	1 010	913	653	546	546	-40%	286	-69%
Islande	24	-	23	-	-	-	-	-
Irlande	178	178	155	70	70	-61%	21	-88%
Italie	1 651	1 679	842	593	593	-65%	194	-88%
Lettonie	57	121	-	104	104	-14%	18	-85%
Lichtenstein	0,15	-	-	-	-	-	-	-
Lituanie	222	213	145	107	107	-50%	22	-90%
Luxembourg	15	14	-	9	4	-71%	2	-84%
Pays-Bas	202	201	98	74	74	-63%	47	-76%
Norvège	53	52	-	33	33	-37%	17	-68%
Pologne	3 210	3 001	-	1 525	1 525	-49%	367	-88%
Portugal	283	284	-	146	146	-49%	29	-90%
République de Moldova	231	197	130	117	117	-41%	19	-90%
Roumanie	1 311	1 331	-	594	594	-55%	93	-93%
Fédération de Russie <u>d/</u>	4 460 <u>e/</u>	5 012	4 297 <u>e/</u>	2 344	2 344	-53%	539	-89%
Slovaquie	543	548	240	137	137	-75%	68	-88%
Slovénie	194	200	37	76	76	-62%	10	-95%
Espagne	2 266	2 189	-	793	793	-64%	166	-92%
Suède	119	119	67	69	67	-44%	52	-56%
Suisse	43	43	27	36	36	-16%	12	-72%
Ex-République yougoslave de Macédoine	-	107	-	81	81	-24%	5	-95%
Turquie	-	-	-	-	-	-	-	-
Ukraine	2 782	3 706	2 310	1 488	1 488	-60%	368	-90%
Royaume-Uni	3 764	3 805	980	1 099	980	-74%	286	-92%
États-Unis	20 989	-	16 235	-	-	-	-	-
Yougoslavie	508 <u>e/</u>	585	1 135 <u>e/</u>	269	269	-54%	29	-95%
Communauté européenne	-	16 345	-	5 035	4 894	-70%	1 535	-91%
Océan Atlantique	-	641	-	-	-	-	-	-
Mer Baltique	-	72	-	-	-	-	-	-
Mer du Nord	-	439	-	-	-	-	-	-
Total	-	39 096	-	14 912	14 771	-61%	3 728	-90%

a/ Variation par rapport à 1990, d'après les estimations du modèle RAINS.

b/ Repris du Protocole sur le soufre de 1994.

c/ Non compris les émissions provenant du trafic aérien international, des soutages des navires et des forêts jardinées.

d/ Pour la partie européenne à l'intérieur de la zone de l'EMEP.

e/ Émissions provenant des seules sources fixes.

18. Les bases de données sur les coûts de la limitation des émissions découlent de l'expérience pratique obtenue avec diverses techniques antiémissions qui ont fait l'objet d'études nationales ou internationales. Parmi les principales sources d'information, figurent les travaux du Séminaire de la CEE sur les techniques de lutte contre les émissions provenant de sources fixes (EB.AIR/SEM.3/3) et les annexes techniques du Protocole d'Oslo ainsi que d'autres documents. Les données relatives aux sources mobiles sont tirées de la documentation élaborée dans le cadre du programme auto-oil de la CE. Les renseignements concernant les différents pays proviennent des statistiques nationales et internationales pertinentes et ont été fournis par des spécialistes nationaux. La liste des techniques de réduction des émissions de SO₂, NO_x, NH₃ et COV ainsi que les données nationales utilisées pour le calcul des coûts ont été présentées aux Parties pour examen. Tous les coûts sont exprimés en écus constants de 1990.

19. Pour un scénario énergétique donné, on peut réduire les émissions de SO₂ par les moyens suivants : utilisation d'un combustible à basse teneur en soufre, désulfuration des combustibles, modification du mode de combustion (par exemple, procédés d'injection de calcaire et combustion en lit fluidisé) et désulfuration des gaz de combustion (par exemple, procédés de lavage à la chaux éteinte). On trouvera dans les encadrés ci-dessous les techniques antiémissions disponibles pour les principales catégories de sources ainsi que les données utilisées aux fins de l'analyse. Les données ont été récemment actualisées pour tenir compte de l'expérience pratique la plus récente. Les actualisations principales sont les suivantes :

- Le taux d'élimination avec l'injection de calcaire a progressé de 50 à 60 %. C'est le chiffre obtenu dans les usines allemandes qui utilisent ce procédé;
- Suite à des observations de la CONCAWE, la différence de prix du fioul lourd peu soufré a été modifiée pour tenir compte de nouvelles hypothèses relatives au taux d'utilisation des capacités des installations de désulfuration.

Techniques antiémissions de SO₂ dans les centrales électriques et le secteur industriel			
Secteur/technique antiémissions	Coûts <u>a/</u>		
	Rendement d'élimination (en %)	Investissement (1 000 Écus Mt_n)	Fonctionnement et entretien (en % annuel) <u>b/</u>
<u>Adaptation des chaudières existantes (centrales électriques)</u>			
Injection de calcaire	60	30	4
Désulfuration des gaz de combustion par voie humide - chaudières déjà adaptées durant l'année de référence	90	69	4
Désulfuration des gaz de combustion par voie humide - chaudières non encore adaptées	95	69	4
Désulfuration des gaz de combustion avec régénération	98	165	4
<u>Nouvelles chaudières (centrales électriques)</u>			
Injection de calcaire	60	22	4
Désulfuration des gaz de combustion par voie humide	95	49	4
Désulfuration des gaz de combustion avec régénération	98	119	4
<u>Chaudières et fours industriels</u>			
Injection de calcaire	60	35	4
Désulfuration des gaz de combustion par voie humide	85	72	4

a/ Pour des chaudières ordinaires à l'antracite dans chaque catégorie de source.

b/ En pourcentage de l'investissement par an.

Possibilités de réduction dans le cas des combustibles à basse teneur en soufre		
Type de combustible	Différence de prix (Écu/GJ/%S) <u>a/</u>	Coûts (Écu/t SO₂) <u>b/</u>
Anthracite et coke, 0,6 % S	0,28	397
Fioul lourd, 0,6 % S	0,20	463
Gazole, réduction à 0,2 % S	0,68	1 440
Gazole, réduction de 0,2 % à 0,045 % S	2,04	4 330
Gazole, réduction de 0,045 % à 0,003 % S <u>c/</u>	6,69	14 200

a/ Pourcentage de réduction des émissions de soufre par rapport au combustible initial.

b/ Par tonne de SO₂ éliminé. Étant donné que les coûts dépendent du pouvoir calorifique du combustible, les chiffres du tableau n'ont qu'une valeur indicative.

c/ Pour les transports seulement.

Techniques de réduction des émissions de SO ₂ dans l'industrie		
Technique antiémissions	Rendement d'élimination (en %)	Coûts (Écu/t SO ₂)
Phase 1	50	350
Phase 2	70	407
Phase 3	80	513

20. Les techniques de réduction des émissions de NO_x provenant de sources fixes sont indiquées dans les encadrés ci-après avec leurs coûts. Selon la catégorie de sources, on utilise principalement les techniques suivantes :

- Mesures primaires (brûleurs à faible émission de NO_x, postcombustion, combustion étagée). Dans les centrales électriques, on considère qu'il s'agit d'une mise en conformité. Pour les nouvelles installations, on suppose implicitement que les mesures primaires sont appliquées sans coût supplémentaire;
- Réduction catalytique sélective (RCS) ou non catalytique sélective (RNCS) (toujours en même temps que des mesures primaires).

Techniques de réduction des émissions de NO _x des centrales électriques			
Secteur/technique antiémissions	Rendement d'élimination (en %)	Coûts a/	
		Investissement (kÉcu/MW _{th})	Fonctionnement et entretien (en %/an)
Adaptation des chaudières existantes			
<u>Modification du mode de combustion et mesures primaires b/</u>			
Charbon brun et lignite	65	6,8	-
Anthracite	50	3,9	-
Fioul lourd	65	4,7	-
Gaz	65	5,0	-
<u>Mesures primaires + RCS</u>			
Charbon brun et lignite	80	28,9	6
Anthracite	80	23,0	6
Fioul lourd	80	22,9	6
Gaz	80	24,7	6
Nouvelles chaudières c/			
<u>RCS</u>			
Charbon brun et lignite	80	14,1	6
Anthracite	80	12,2	6
Fioul lourd	80	9,8	6
Gaz	80	12,9	6

a/ Pour des chaudières ordinaires dans chaque catégorie de source.

b/ Combinaison de diverses mesures.

c/ Brûleurs à faible émission de NO_x (sauf indication contraire); les facteurs d'émission des nouvelles chaudières sont donc inférieurs à ceux des chaudières existantes.

Techniques de réduction des émissions de NO _x du secteur résidentiel et commercial			
Secteur/technique antiémissions	Rendement d'élimination (en %)	Coûts	
		Investissement (kÉcu/MW _{th})	Fonctionnement et entretien
Secteur résidentiel et commercial a/			
<u>Modification du mode de combustion, brûleurs à faible émission de NO_x</u>			
Fioul lourd	50	5,6	-
Distillats moyens	30	12	-
Gaz naturel	30	16,3	-

a/ Moyenne pondérée pour le secteur résidentiel et commercial. Les coûts unitaires pour les chaudières à gaz et à gazole du secteur commercial sont inférieurs de 40 à 50 %.

Techniques de réduction des émissions de NO _x des chaudières industrielles			
Secteur/technique antiémissions	Rendement d'élimination (en %)	Coûts a/	
		Investissement (kÉcu/MW _{th})	Fonctionnement et entretien (en %/an) b/
<u>Modification du mode de combustion et mesures primaires</u>			
Charbon brun et lignite	50	5,6	-
Anthracite	50	5,6	-
Fioul lourd	50	5,0	-
Distillats moyens et gaz	50	5,7	-
<u>Modification du mode de combustion + réduction non catalytique sélective</u>			
Charbon brun et lignite	70	11,0	6
Anthracite	70	11,0	6
Fioul lourd	70	9,1	6
Gaz	70	10,6	6
<u>Modification du mode de combustion + réduction catalytique sélective</u>			
Charbon brun et lignite	80	26,0	6
Anthracite	80	25,3	6
Fioul lourd	80	18,5	6
Gaz	80	21,4	6

a/ Pour des chaudières ordinaires, dans chaque catégorie de source.

b/ Pourcentage des dépenses d'investissement par an.

Techniques de réduction des émissions de NO_x dans l'industrie		
Techniques antiémissions	Rendement d'élimination (en %)	Coûts (Écu/t NO_x)
Phase 1	40	1 000
Phase 2	60	3 000
Phase 3	80	5 000

21. Les techniques de réduction des émissions de COV provenant de sources fixes sont indiquées dans l'encadré ci-après avec leurs coûts. Y figurent également dans le cas des sources mobiles, les cartouches de carbone et les catalyseurs d'oxydation pour les moteurs à essence à deux temps. Parmi les méthodes habituellement utilisées pour réduire les émissions de COV en provenance de sources fixes, on peut citer la modification du procédé de fabrication ou des réservoirs, l'amélioration des méthodes de gestion (par exemple, bonne organisation interne, surveillance des fuites et programmes de réparation), le changement de solvant et, enfin, des techniques additionnelles, telles que l'incinération thermique ou catalytique, l'adsorption, l'absorption, la condensation/réfrigération et la bio-oxydation. Les rendements indiqués ci-après correspondent au rendement technique théorique. En réalité, les techniques les plus efficaces n'ont souvent qu'un domaine d'application limité.

Principales catégories de mesures de réduction des émissions de COV			
Secteur	Technique	Rendement (en pourcentage)	Fourchette de coûts (Écu/t)
Utilisation de solvants			
Nettoyage à sec	Bonne organisation interne et adsorption	60	-600
	Machines traditionnelles ou nouvelles à circuit fermé	76/92	550/1200-4500
Dégraissage des métaux	Techniques de base de gestion des émissions	20	< 200
	Adsorption sur charbon	80	1300-2000
	Procédé au plasma basse température	98	1700-2300
	Dégraisseur à transporteur avec adsorption intégrée	95	1700-2200
	Systèmes à l'eau	99	2500-4000
Utilisation domestique de solvants	Substitution	-25	< 4300
Utilisation non industrielle de peinture	Peintures à l'eau	70-80	400-800
	Peintures à haute teneur en solides	40-60	1200-3000
Utilisation industrielle de peinture (construction de véhicules automobiles)	Bonne organisation interne, modification de la technique d'application	20-45	< 100
	Modification et changement de procédé	55-70	600-800/2000-4000
	Adsorption, incinération	95	1500-1800/ 3000-7000

Principales catégories de mesures de réduction des émissions de COV			
Secteur	Technique	Rendement (en pourcentage)	Fourchette de coûts (Écu/t)
Réparation de véhicules	Bonne organisation interne, modification de la technique d'application	15-30	<0
Produits contenant des solvants	Gestion interne, technique d'application, substitution	72	300-800
	Substitution	50	<50
Produits ne contenant pas de solvants Imprimerie	Gestion de base des émissions et fin de processus	95	600-900
	Plan de gestion des solvants et substitution	50	-200
	Gestion de base des émissions et fin de processus	60	1200-2500
	Encres contenant peu de solvants et confinement	50-75	<30
	Encres à l'eau	75-95	30-600
	Adsorption	75	150-1000
	Incinération	75	1000-10000
Colles et adhésifs dans l'industrie	Bonne gestion interne	15	<50
	Substitution	85	350
	Incinération	80	~600
Protection du bois	Double imprégnation sous vide et confinement de l'installation de séchage	40	~2800
	Comme ci-dessus plus fin de processus	75	4300-7500
Autres usages industriels de solvants	Modification du procédé et biofiltration	75	~600
	Revêtement à l'eau (tannage)	-60	~350
	Nouveaux produits agrochimiques	-40	~0
Industrie chimique			
Industrie chimique organique, transformation et stockage	Contrôle trimestriel et mensuel et programmes d'entretien	60/70	~1600/-6000
	Brûlage à la torche	85	~350
	Incinération	96	~800
	Dômes flottants internes et joints secondaires	90	~2800
	Dispositifs de récupération des vapeurs	95-99	5600-6200
Industrie pharmaceutique	Bonne gestion interne et fin de processus	85-90	2500-6000
Raffineries	Contrôle trimestriel et mensuel et programmes d'entretien	60/70	<50/300-1000
	Couvercles sur les séparateurs eau-pétrole	90	~200
	Brûlage à la torche/incinération	98/99	200-300

Principales catégories de mesures de réduction des émissions de COV			
Secteur	Technique	Rendement (en pourcentage)	Fourchette de coûts (Écu/t)
	Dômes flottants internes et joints secondaires	85	<100
	Dispositifs de récupération des vapeurs (phase IA)	95-99	500-2500
Extraction et distribution des combustibles liquides			
Extraction, chargement et transport des combustibles	Substituts au rejet des gaz et amélioration de la récupération	90	1800-2200
	Amélioration de l'allumage des torchères	62	4500-5500
	Retour des vapeurs sur les navires-citernes et les installations de chargement	78	50-200
Distribution de combustibles	Dômes flottants internes et joints secondaires	85	<100
	Dispositifs de récupération des vapeurs (phase IA)	95-99	500-2500
	Phase II	85	1500-3000
	Phase IB	95	200-800
Évaporation d'essence	Petite cartouche de carbone	85	50-500
Moteurs deux temps	Catalyseur d'oxydation	80	900
Combustion résidentielle	Nouvelles chaudières	80	100-500
	Catalyseurs	50	1000-7000
Divers			
Industrie agroalimentaire	Fin de processus	90	10 000
Agriculture	Interdiction du brûlage des déchets	100	60
Autre secteur d'activité	Bonne organisation interne	20-60	<100
	Remplacement du bitume (asphalte)	92	<50
Élimination des déchets	Amélioration des décharges	20	400

22. Toute une série de mesures applicables aux combustibles et aux véhicules permettent de réduire les émissions provenant de sources mobiles. Pour la commodité de l'analyse, le modèle RAINS les regroupe en ensembles, en suivant autant que possible les propositions législatives de normes d'émission examinées au sein de la CE. On trouvera dans les encadrés ci-dessous les ensembles de mesures antiémissions de NQ et de COV provenant de sources mobiles. Les données sur ces sources sont tirées de divers rapports élaborés dans le cadre du programme auto-oil de la CE ainsi que d'autres sources nationales ou internationales. Les coûts et les rendements des techniques antipollution utilisés aux fins du présent rapport tiennent compte des décisions du Conseil européen d'octobre 1997 au sujet des positions communes concernant la qualité des carburants (essence et gazole) ainsi que des mesures antipollution relatives aux véhicules automobiles. En particulier, outre la proposition initiale auto-oil, les mesures ci-après ont été retenues :

- Modification des caractéristiques de l'essence. En l'an 2000, un abaissement de la teneur en soufre à 150 ppm, du benzène à 1 % et des composés aromatiques à 42 %. En 2005, nouvelles réductions à 50 ppm pour le soufre et à 35 % pour les aromatiques;
- Réduction de la teneur maximale en soufre du carburant diesel à 50 ppm. On a supposé que ce carburant à basse teneur en soufre sera abandonné entre 2005 et 2015. Ses coûts supplémentaires sont attribués à la lutte anti-SO₂;
- Pour les voitures à essence et les véhicules utilitaires légers, mesures de la phase III à partir de l'an 2000 et de la phase IV après 2005, en tenant compte des coûts du test du démarrage à froid;
- Mesures de la phase IV pour les voitures diesel et les véhicules utilitaires légers, y compris obligation de systèmes d'autodiagnostic.

Il importe de noter que le programme auto-oil de la CE calcule les coûts à l'aide de la méthode de la valeur actualisée nette alors que le modèle RAINS les exprime en termes annuels totaux, en fonction des investissements annualisés durant toute la durée de vie technique de l'équipement et des coûts d'exploitation fixes et variables. En outre, dans le programme de la CE, les coûts sont exprimés aux prix de 1995, alors que le modèle RAINS utilise des prix constants à partir de 1990.

Techniques de réduction des émissions de NO_x et de COV provenant de sources mobiles			
Carburant/type de véhicule/technique antiémissions	Rendement d'élimination des NO_x/COV (en %)	Coûts	
		Investissements (Écu/véhicule)	Fonctionnement et entretien (en %/an) <u>a</u>
Voitures particulières et véhicules utilitaires légers à moteur à essence à quatre temps			
Convertisseur catalytique à trois voies - normes de 1992	75/75	250	30
Convertisseur catalytique à trois voies - normes de 1996	87/87	300	25
Convertisseur perfectionné avec programmes d'entretien - norme UE 2000	93/93	709	11
Convertisseur perfectionné avec programmes d'entretien - normes UE après 2005 (**)	97/97	884	8

Techniques de réduction des émissions de NO_x et de COV provenant de sources mobiles			
Carburant/type de véhicule/technique antiémissions	Rendement d'élimination des NO_x/COV (en %)	Coûts	
		Investissements (Écu/véhicule)	Fonctionnement et entretien (en %/an) <u>a/</u>
Voitures particulières et véhicules utilitaires légers à moteur diesel			
Modification du mode de combustion - normes de 1992	31/31	150	34
Modification du mode de combustion - normes de 1996	50/50	275	19
Modification poussée du mode de combustion avec programmes d'entretien - norme UE 2000	60/60	780	7
Convertisseur NO _x (**)	80/80	1 027	5
Poids lourds - diesel			
Euro I - normes de 1993	33/36	600	42
Euro II - normes de 1996	43/47	1 800	14
Euro III - normes UE 2000 avec programmes d'entretien	60/66	4 047	6
Euro IV (convertisseur NO _x) (**)	85/93	8 047	3
Poids lourds - essence			
Convertisseur catalytique	85/85	2 750	7
Navires de mer			
Modifications du mode de combustion - navires de taille moyenne <u>b/</u>	40/0	115 000	4
Modifications du mode de combustion - navires de grande taille <u>c/</u>	40/0	165 000	4
Réduction catalytique sélective - navires de grande taille	90/0	526 000	4

(**) Pas encore disponible sur le marché.

a/ Pourcentage des dépenses d'investissement par an.

b/ Environ 300 kW thermiques.

c/ Environ 2 500 kW thermiques.

23. Les émissions d'ammoniac provenant de l'élevage se produisent à quatre stades : dans le logement des animaux, durant le stockage et l'application du fumier et pendant la saison de pacage. Diverses techniques permettent de réduire les émissions à chaque stade. Le modèle RAINS ne peut distinguer chacune des techniques disponibles, parmi les centaines qui existent, mais il regroupe celles qui ont des caractéristiques techniques et économiques semblables. Les principales catégories examinées sont les suivantes :

- Diminution de l'azote contenu dans les aliments (changements alimentaires), par exemple alimentation multiphasés pour les porcs et la volaille, utilisation d'acides aminés synthétiques (porcs et volaille) et remplacement des graminées et de l'ensilage par le maïs pour le cheptel laitier;
- Biofiltration (purification de l'air), par exemple en épurant l'air de ventilation à l'aide d'épurateurs biologiques pour transformer l'ammoniac en nitrate ou en lits biologiques dans lesquels l'ammoniac est absorbé par la matière organique. Cette technique s'applique principalement aux porcs et à la volaille;
- Modification du logement des animaux grâce à une amélioration de la conception et de la construction du plancher (bovins, porcs et volaille), au curage du plancher, à la régulation de l'atmosphère (pour les porcs et la volaille) ou d'un système de fumier humide ou sec pour la volaille;
- Stockage couvert du fumier à l'extérieur (faible rendement avec feuilles flottantes ou polystyrène ou rendement élevé avec couvercles à tension, ciment, tôle ondulée ou polyester);
- Techniques d'application produisant peu d'ammoniac, en distinguant les techniques à rendement élevé (enfouissement immédiat, injection du fumier profonde ou superficielle) et les techniques à rendement moyen ou faible, notamment par entaille, application par sabot traîné, dilution du lisier, épandage en bandes, aspersion, rampe de pulvérisation);
- Remplacement de l'urée par du nitrate d'ammonium pour l'application d'engrais;
- Techniques d'extraction et d'absorption dans l'industrie chimique (par exemple pendant la production d'engrais).

24. Les rendements d'élimination et les coûts des techniques antiémissions sont présentés ci-dessous. Les estimations du coût des techniques de réduction des émissions d'ammoniac sont moins sûres que celles concernant le SO₂ et les NO_x, en raison principalement du manque d'expérience pratique de la plupart des pays européens en la matière. On trouvera un aperçu de l'expérience des pays dans les travaux de l'Atelier sur les possibilités de réduction des émissions d'ammoniac dans l'agriculture et les coûts correspondants (Culham, Royaume-Uni, octobre 1994).

Les techniques de réduction des émissions de NH ₃ et leur rendement supposé									
Technique de réduction	Domaine d'application	Rendement d'élimination (en pourcentage)				Investissements (Écu/animal)		Coûts totaux */ (Écu/animal/an)	
		Étables	Stockage	Application	Prairies	Taille de l'étable **/			
						Petite	Ordinaire	Petite	Ordinaire
Alimentation à basse teneur en azote	Vaches laitière	15	15	15	20	s.o.		45	
	Porcs	20	20	20	s.o.	2,7		8	
	Poules pondeuses	20	20	20	s.o.	s.o.		0,1	
	Autres volailles	10	10	15	s.o.	s.o.		0,12	
Biofiltration <u>a</u> / et épurateurs biologiques	Porcs, volaille	80	-	s.o.	s.o.	200-300	170	40-60	35-38
	Poules pondeuses	-	-	-	-	4,7		1,3 - 2,0	
	Autres volailles	-	-	-	-	4,7		1,5 - 2,5	
Modification du logement des animaux	Vaches laitières, autre bétail	45	60	s.o.	s.o.	450-550	400	90-110	75-90
	Porcs	50	60	s.o.	s.o.	90-94	89	18-20	
	Poules pondeuses	70	70	s.o.	s.o.	0,8		0,2 - 0,25	
	Autres volailles	80	70	s.o.	s.o.	1,8		0,28	
Stockage couvert, rendement élevé	Vaches laitières	s.o.	50/80	s.o.	s.o.	150-350	100-220	20-50	10-20
	Autre bétail					80-200	70-150	20-35	9-15
	Porcs					25-80	15-20	6-15	2-4
	Poules pondeuses					0,4		0,05	
Stockage couvert, faible rendement	Vaches laitières	s.o.	50/80	s.o.	s.o.	50-100	30-60	10-20	5-7
	Autre bétail					40-100	30-40	10-15	4-5
	Porcs					10-40	7-8	3-7	1-2
	Poules pondeuses					0,2		0,03	
Application émettant moins de NH ₃ (réduction faible/ importante)	Vaches laitières	s.o.	s.o.	40/80	s.o.	s.o.		40-70	
	Autres bovins					s.o.		10-40	
	Porcs					s.o.		4-12	
	Poules pondeuses					s.o.		0,1-0,15	
	Autres volailles					s.o.		0,02-0,06	
	Moutons					s.o.		2-4	
Remplacement de l'urée	Engrais	80 - 93				350-950 écus/t de NH ₃ éliminé			
Extraction/adsorption	Industrie	50				7 000 écus/t de NH ₃ éliminé			

a/ Bien que certaines Parties aient indiqué durant l'examen des données relatives aux coûts que cette technique était également applicable au bétail (de nombreuses stabulations étant équipées de ventilateurs mécaniques), elle n'a pas été prise en compte dans le modèle RAINS.

s.o. Sans objet.

*/ En tenant compte des coûts d'exploitation fixes et variables.

**/ Petite taille : porcs (<50 animaux), vaches laitières (<20 animaux), autre bétail (<30 animaux). Taille ordinaire : porcs (~170), vaches laitières (~35), autre bétail (~40).

E. Réductions maximales possibles

25. Le scénario des réductions maximales possibles (RMP) a été élaboré pour montrer les possibilités qu'offre l'application intégrale des techniques actuelles de limitation. Sur la base du scénario énergétique de référence, il simule l'hypothèse d'une application intégrale à toutes les sources d'émission des techniques de réduction les plus efficaces actuellement disponibles. Contrairement aux hypothèses faites précédemment, la dernière version de ce scénario ignore les contraintes imposées par la législation en vigueur et les taux de remplacement des équipements observés dans le passé. Sont toutefois exclues les modifications apportées à la structure et aux niveaux de l'activité économique et de la consommation d'énergie, suite par exemple à l'imposition de politiques de réduction. Ce scénario fait l'hypothèse d'une pénétration complète des meilleures techniques antipollution actuellement disponibles, ce qui suppose donc le remplacement, avant la fin de sa durée de vie technique normale, de l'équipement en place dont le rendement est moindre, par des mesures plus efficaces.

26. En réalité, la lenteur du renouvellement des équipements déterminera le niveau de réduction des émissions qu'il sera possible de réaliser. La méthodologie du calcul des courbes de coût, décrite ci-dessus, tient pleinement compte de ces limites et distingue les rendements d'élimination en fonction des différentes générations de matériel antipollution. De plus, les courbes de coût, utilisées pour les essais d'optimisation, excluent le déclassement anticipé du matériel en place. Elles ne traduisent donc pas toutes les possibilités théoriques de réduction des émissions.

27. L'analyse présentée ci-après englobe aussi pour la première fois les possibilités d'une réduction des émissions provenant des sources mobiles supérieure à celle prévue par les mesures convenues dans le cadre du programme auto-oil de la CE (en particulier pour les véhicules tout-terrain et les poids lourds).

28. Le tableau 5 indique les coûts des mesures de réduction dans le scénario RMP. Les incidences sur l'environnement, dans l'hypothèse de ce scénario, sont examinées à la section II de l'additif au présent rapport.

F. Relations sources-récepteurs atmosphériques

29. Le modèle RAINS permet de calculer les contributions des émissions nationales aux retombées de composés acidifiants ou eutrophiants et à la formation d'ozone en fonction de matrices sources-récepteurs établies à partir de modèles lagrangiens de transport longue distance de polluants atmosphériques en Europe, élaborés par l'EMEP. Il s'agit de modèles monocouches à trajectoires axés sur le récepteur, dans lesquels les particules d'air suivent le mouvement de l'air à l'intérieur de la couche limite atmosphérique. Durant le transport, les particules d'air reçoivent des émissions provenant des mailles sous-jacentes de 150 km de côté, subissent des transformations chimiques et sont déposées à la surface du sol par voie sèche ou humide. On calcule chaque année les bilans d'échange de la pollution atmosphérique transfrontière à partir de données d'entrée concernant les conditions météorologiques réelles pendant six heures et les émissions officiellement communiquées pour chaque année.

**Tableau 5. Coût des réductions d'émission pour le scénario de référence
et le scénario RMP (en millions d'écus)**

	Scénario de référence				Scénario RMP			
	NO _x et COV	SO ₂	NH ₃	Total	NO _x et COV	SO ₂	NH ₃	Total
Albanie	0	0	0	0	165	44	60	269
Autriche	887	174	0	1 061	1 496	207	362	2 065
Bélarus	0	0	0	0	1 071	288	433	1 792
Belgique	1 254	341	0	1 595	2 101	627	496	3 224
Bosnie-Herzégovine	1	0	0	1	222	143	78	443
Bulgarie	4	153	0	157	1 100	365	295	1 760
Croatie	1	52	0	53	416	102	119	637
République tchèque	569	410	0	979	1 821	582	411	2 814
Danemark	477	115	0	592	808	268	693	1 769
Estonie	0	0	0	0	269	114	88	471
Finlande	627	205	0	832	1 026	393	143	1 562
France	7 273	1 005	0	8 278	11 734	1 605	2 217	15 556
Allemagne	10 109	2 813	0	12 922	15 258	3 719	1 816	20 793
Grèce	1 025	346	0	1 371	2 220	809	222	3 251
Hongrie	420	166	0	586	1 436	331	493	2 260
Irlande	465	108	9	582	716	191	464	1 371
Italie	7 801	1 578	12	9 391	12 482	2 067	683	15 232
Lettonie	0	0	0	0	346	80	113	539
Lituanie	0	0	0	0	505	84	246	835
Luxembourg	70	9	15	94	110	15	15	140
Pays-Bas	1 677	306	237	2 220	2 735	343	1 072	4 150
Norvège	542	44	0	586	1 063	67	108	1 238
Pologne	2 487	812	0	3 299	6 974	2 096	1 527	10 597
Portugal	1 318	152	0	1 470	2 226	285	374	2 885
République de Moldova	0	0	0	0	215	69	127	411
Roumanie	2	155	0	157	1 826	420	834	3 080
Fédération de Russie	0	694	0	694	10 431	1 888	2 943	15 262
Slovaquie	332	91	0	423	1 011	147	173	1 331
Slovénie	93	32	0	125	285	79	64	428
Espagne	5 613	678	28	6 319	8 798	1 251	2 043	12 092
Suède	1 111	299	113	1 523	1 899	423	230	2 552
Suisse	813	67	0	880	1 270	151	187	1 608
Ex-République yougoslave de Macédoine	1	0	0	1	102	71	43	216
Ukraine	0	328	0	328	4 587	1 035	2 126	7 748
Royaume-Uni	6 494	1 148	0	7 642	11 063	2 647	770	14 480
Yougoslavie	3	89	0	92	600	387	346	1 333
Communauté européenne	46 201	9 278	413	55 892	74 672	14 850	11 600	101 122
Total	51 467	12 372	413	64 252	110 387	23 394	22 413	156 194

30. Deux modèles lagrangiens différents ont été mis au point dans le cadre de l'EMEP : l'un pour les dépôts acides, l'autre pour les oxydants photochimiques. Le premier modèle examine la dispersion des composés sulfureux et azotés dans l'atmosphère. On peut en trouver une description récente ainsi qu'une validation complète de ses résultats dans les parties I et II du rapport 1/98 du CSM-O de l'EMEP ("Transboundary Acidifying Air Pollution in Europe"). Les bilans transfrontières et les matrices sources-récepteurs les

plus récents figurent dans le document EB.AIR/GE.1/1998/2. On a fait la moyenne de ces bilans sources-récepteurs annuels sur 11 années afin de tenir compte de la variabilité météorologique d'une année à l'autre et leur échelle a été modifiée pour tenir compte de la répartition dans l'espace des émissions unitaires. Les matrices de transfert atmosphérique ainsi obtenues ont été exploitées par le modèle RAINS.

31. Le modèle lagrangien des oxydants photochimiques décrit le transport à longue distance et la formation de l'ozone troposphérique. Ses résultats fournissent une référence aux relations sources-récepteurs utilisées dans l'évaluation intégrée. Les matrices sources-récepteurs du modèle photo-oxydant dont on a calculé la moyenne sur cinq ans figurent dans le rapport 3/97 du CSM-O de l'EMEP. On peut trouver une description récente et une évaluation du mécanisme chimique utilisé dans ce modèle dans la note 1/97 du CSM-O, et une validation complète de ses résultats figure dans le rapport 2/98 du CSM-O ("Transboundary Photo-oxidant Air Pollution in Europe").

G. Charges et niveaux critiques

32. Par définition, la charge critique d'un écosystème est le dépôt "au-dessous [duquel], selon les connaissances actuelles, il ne se produit pas d'effets nocifs appréciables sur des éléments sensibles déterminés de l'environnement" (EB.AIR/WG.5/R.24/Rev.1). Les méthodes de calcul des charges critiques mises au point ces dernières années pour l'acidification et l'eutrophisation ont été rassemblées par le Groupe de travail des effets dans le cadre du programme de cartographie.

33. L'acidification est due au double dépôt de soufre et d'azote, et les deux composés se "disputent" les cations basiques neutralisants qui proviennent principalement de dépôts et de l'action des éléments. À la différence du soufre, il existe des (sources et) des puits naturels supplémentaires pour l'azote tels que l'absorption par la végétation, l'immobilisation et la dénitrification. Il n'est donc pas possible de définir une seule charge critique pour l'acidité comme c'était le cas lorsque l'on considérait seulement le soufre. Il faut utiliser une fonction (simple), intitulée fonction de charge critique, qui permet de définir des couples de dépôt de soufre et d'azote sans danger pour l'écosystème considéré, à la place de la valeur unique de charge critique utilisée précédemment. La fonction de charge critique pour chaque écosystème est de forme trapézoïdale et est définie par trois variables : la charge critique d'acidité (telle que définie précédemment), les puits d'azote net et le dépôt maximal d'azote (en cas de dépôt de soufre nul). Outre son rôle acidifiant, le dépôt d'azote est également un élément nutritif pour les écosystèmes. Afin d'éviter l'eutrophisation, on a défini et calculé pour divers écosystèmes les charges critiques de l'azote nutritif.

34. Les données relatives aux charges critiques sont élaborées à l'échelle nationale. Pour les travaux de modélisation indiqués ci-après, 24 pays ont communiqué des données. Les centres nationaux de liaison ont choisi divers types d'écosystème comme récepteurs pour calculer et cartographier les charges critiques. Pour la plupart de ces types (par exemple les forêts), les charges critiques sont calculées à la fois pour l'acidité et l'eutrophisation. D'autres catégories de récepteurs, par exemple les cours d'eau et les lacs, n'ont de charges critiques que pour l'acidité, en supposant une absence d'eutrophisation de ces écosystèmes. Dans le cas de certains récepteurs, comme

la majeure partie de la végétation semi-spontanée, on ne calcule que les charges critiques de l'azote nutritif puisqu'ils sont moins sensibles aux effets acidifiants qu'aux effets eutrophisants. Pour les pays qui n'ont pas fourni d'estimations nationales, on utilise la base de données fondamentale du CCE pour l'Europe. Cette base de données est constituée à partir de renseignements publiés à l'échelle internationale, comme par exemple la carte numérique des sols de 1994 de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et les cartes européennes de l'utilisation des sols établies par le RIVM. Des cartes actualisées des charges critiques et du soufre et de l'azote ont été présentées dans les documents EB.AIR/WG.1/1997/4 et EB.AIR/WG.1/1998/5.

35. Tout récemment, un nouvel indicateur de la protection des écosystèmes a été mis au point afin de faciliter l'élaboration de modèles d'évaluation intégrée (EB.AIR/WG.5/R.96, par. 18 et 19). Ce nouvel indicateur correspond au dépôt excédentaire total (par rapport aux charges critiques) cumulé pour l'ensemble des écosystèmes contenus dans une maille du quadrillage (en équivalent acide par an). À partir d'un dépôt donné, ce "dépassement cumulé" est calculé en faisant la somme (pour chaque écosystème) des réductions de soufre et d'azote nécessaires pour qu'il n'y ait plus de dépassement en suivant la voie la plus courte pour atteindre la fonction de charge critique.

36. Le Groupe de travail des effets a adopté deux niveaux critiques connexes à long terme pour les effets de l'ozone sur la végétation (EB.AIR/WG.1/26, par. 49 a), à propos du rapport de l'Atelier de la CEE tenu à Kuopio (Finlande) du 15 au 17 avril 1996, "Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts" :

- a) Pour les cultures et les communautés de plantes herbacées (végétation naturelle), le niveau critique est fixé à une AOT40 de 3 ppm.h pendant la période de croissance et les heures diurnes, sur une période quinquennale;
- b) Pour les arbres forestiers, on propose un niveau critique correspondant à 10 ppm.h pendant les heures diurnes, cumulé sur une période de croissance de six mois.

L'AOT40 est égale à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone exprimées en ppb et 40 ppb pour chaque heure durant laquelle la concentration est supérieure à 40 ppb, les heures diurnes étant seules prises en compte. Vu le régime de l'ozone qui prévaut actuellement en Europe, le niveau critique est plus strict pour les cultures et la végétation naturelle que pour les arbres forestiers. En d'autres termes, lorsque le niveau critique fixé pour les cultures et la végétation est respecté, celui prévu pour les arbres forestiers l'est généralement aussi mais l'inverse n'est pas vrai. En conséquence l'analyse des scénarios est circonscrite aux niveaux critiques pour les cultures et la végétation naturelle.

37. Les effets de l'ozone sur la santé sont étudiés d'après la version révisée des directives de l'OMS relatives à la qualité de l'air pour l'Europe, qui proposent une concentration moyenne maximale de 60 ppb (120Fg) sur huit heures. Le but ultime est l'élimination de tout dépassement de ce chiffre. Pour simplifier la modélisation, l'objectif de non-dépassement de plafond de l'OMS (60 ppb au maximum de concentration moyenne pour huit heures)

a été converti en un indicateur AOT susceptible de se prêter à la même exploitation que l'indicateur AOT40 pour la végétation. Dès lors, une valeur de l'AOT60 (c'est-à-dire l'exposition cumulée dépassant la concentration limite de 60 ppb, pour des raisons pratiques, sur une période de six mois) égale à zéro sera assimilée au plein respect de la norme de l'OMS et tout dépassement de cette norme se traduira donc par une valeur de l'AOT60 supérieure à zéro. Cet indicateur de substitution a été introduit simplement pour des raisons pratiques de modélisation. Vu ce que l'on sait pour l'instant des effets sur la santé, il n'est pas possible d'établir un lien entre une valeur de l'AOT60 supérieure à zéro et un risque particulier pour la santé.

1. Zones réceptrices prépondérantes

38. Suite à une initiative du Président de l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée, le CCE a demandé aux centres nationaux de liaison de 18 Parties de fournir des renseignements plus détaillés sur 24 mailles du quadrillage qui s'étaient révélées importantes au cours de la modélisation car il était apparu qu'elles jouaient un rôle déterminant dans les résultats de certains des scénarios (mailles prépondérantes). Le CCE avait reçu des réponses de 10 Parties au moment de la réunion. Toutes sauf une confirmaient les données relatives aux charges critiques précédemment communiquées pour les mailles en question. Certaines fournissaient des renseignements détaillés sur les écosystèmes à protéger en ramenant les dépôts en dessous des charges critiques et insistaient pour ne pas exclure les mailles de l'analyse. Il y aurait même peut-être lieu de réduire davantage les charges critiques dans ces mailles au vu d'une analyse supplémentaire. Seule la Slovaquie a informé le CCE qu'il fallait modifier les données concernant la charge critique. Alors que les écosystèmes avaient été étudiés pour une résolution très fine (250 m par 250 m), certains paramètres avaient dû être modifiés dans les calculs.

39. Le CCE a aussi présenté un programme simple destiné à obtenir des informations sur les réserves naturelles de plus de 100 hectares (comme les parcs nationaux) à partir des mailles de l'EMEP. Il ressort de ces informations, tirées de la base de données du Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature sur les zones juridiquement protégées, qu'il existe environ 1 800 sites protégés en Europe. Un grand nombre d'entre eux sont également protégés en droit international. Certaines des réserves naturelles figurant dans cette base de données sont toutefois protégées du fait d'autres écosystèmes que ceux pour lesquels les charges critiques sont calculées.

2. Détermination d'objectifs pour les zones réceptrices où les objectifs européens sont difficiles à atteindre

40. Dans une étude effectuée à l'IIASA, des spécialistes norvégiens se sont penchés sur les zones réceptrices où il n'était pas possible d'atteindre certains des objectifs environnementaux même en utilisant les techniques de réduction les plus modernes actuellement connues. L'étude a montré qu'il ne fallait pas accorder une importance excessive à de tels objectifs irréalisables car les modèles n'offraient pas la possibilité de changements structurels ou de progrès techniques et ne devaient être envisagés que comme une aide à l'action des pouvoirs publics. Certaines politiques pourraient cependant induire des modifications structurelles ou techniques qui rendraient réalisables même des objectifs rigoureux.

41. L'élimination pure et simple de l'analyse des zones réceptrices où les objectifs sont difficiles à atteindre n'est pas une solution satisfaisante car elle ignore certains problèmes potentiellement importants. Une solution séduisante sur le plan théorique consisterait à introduire un paramètre de pénalisation dans le modèle afin de réduire les influences de ces zones à partir d'un certain seuil. On peut toutefois objecter qu'il n'existe pas de critère, en particulier pas de fonction de dommage, pour définir un tel paramètre. Une autre solution consisterait à différencier les objectifs selon les zones réceptrices mais cela supposerait alors une perte en termes d'équité dans la stratégie de réduction des écarts. Le mécanisme de compensation utilisé dans la détermination des objectifs permet aussi de tenir compte des zones considérées. Limiter la possibilité de compenser la réalisation des objectifs à l'intérieur d'un pays en termes relatifs, comme le fait le modèle RAINS, réduit également l'inégalité que ce mécanisme introduit entre grands et petits pays.

42. Dans le cas des deux zones réceptrices du sud de la Norvège posant problème (mailles 17/20 et 17/21), l'étude proposait de réduire l'objectif de réduction des écarts. Dans un scénario de réduction de 95 % pour l'acidification, une réduction de 92 % seulement était possible pour ces deux mailles, alors qu'avec un objectif de réduction des écarts inférieur à 72 %, elles disparaîtraient complètement de l'analyse. Un pourcentage de réduction moins rigoureux (entre 72 et 92 % dans ce cas) entraînerait l'adoption de certaines mesures pour protéger les écosystèmes dans ces mailles, sans entraîner de coûts de réduction excessifs dans les autres pays.

43. L'Équipe spéciale était également en faveur de cette méthode au vu de l'abondante documentation sur les écosystèmes dans la zone considérée, documentation qui en confirme sans ambiguïté les charges critiques.
