

**PROTOCOLE A LA CONVENTION SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE  
TRANSFRONTIERE A LONGUE DISTNACE, DE 1979, RELATIF A LA LUTTE  
CONTRE LES EMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE OU LEURS FLUX  
TRANSFRONTIERES**

Les Parties,

Résolues à appliquer la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance,

Préoccupées par le fait que des émissions actuelles de polluants atmosphériques endommagent, dans les régions exposées d'Europe et d'Amérique du Nord, des ressources naturelles extrêmement importantes du point de vue écologique et économique,

Rappelant que l'Organe exécutif de la Convention a reconnu à sa deuxième session la nécessité de réduire effectivement les émissions annuelles totales d'oxydes d'azote provenant de sources fixes ou mobiles ou leurs flux transfrontières au plus tard en 1995, ainsi que la nécessité, pour les Etats qui avaient déjà commencé à réduire ces émissions, de maintenir et de réviser leurs normes d'émissions d'oxydes d'azote,

Prenant en considération les données scientifiques et techniques actuelles relatives à l'émission, au déplacement dans l'atmosphère et à l'incidence sur l'environnement des oxydes d'azote et de leurs produits secondaires, ainsi qu'aux techniques de lutte,

Conscientes que les effets nocifs des émissions d'oxydes d'azote pour l'environnement varient selon les pays,

Résolues à prendre des mesures efficaces de lutte et à réduire les émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières, notamment grâce à l'application de normes nationales appropriées d'émission pour les sources mobiles nouvelles et les grandes sources fixes nouvelles ainsi qu'à l'adaptation après coup des grandes sources fixes existantes,

Reconnaissant que les connaissances scientifiques et techniques sur ces questions évoluent, et qu'il faudra tenir compte de cette évolution en examinant l'application du présent Protocole et en décidant des actions ultérieures à mener,

Notant que l'élaboration d'une approche fondée sur les charges critiques vise à établir une base scientifique axée sur les effets, dont il faudra tenir compte en examinant l'application du présent Protocole et en décidant de nouvelles mesures agréées sur le plan international en vue de limiter et de réduire les émissions d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières,

Reconnaissant que l'examen diligent de procédures visant à créer des conditions plus favorables pour l'échange de technologies contribuera à la réduction effective des émissions d'oxydes d'azote dans la région de la Commission,

Notant avec satisfaction l'engagement mutuel pris par plusieurs pays de réduire sans délai et dans des proportions notables leurs émissions annuelles nationales d'oxyde d'azote,

Prenant acte des mesures déjà prises par certains pays, qui avaient eu pour effet de réduire les émissions d'oxydes d'azote,

Sont convenues de ce qui suit :

## **Article premier**

### Définitions

Aux fins du présent Protocole,

1. On entend par "Convention" la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, adoptée à Genève le 13 novembre 1979;
2. On entend par "EMEP" le Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe;
3. On entend par "Organe exécutif" l'Organe exécutif de la Convention constitué en vertu du paragraphe 1 de l'article 10 de la Convention;
4. On entend par "zone géographique des activités de l'EMEP" la zone définie au paragraphe 4 de l'article premier du Protocole à la Convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, relatif au financement à long terme du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP), adopté à Genève le 28 septembre 1984;
5. On entend par "Parties", sauf indication contraire du contexte, les Parties au présent Protocole;
6. On entend par "Commission" la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe;
7. On entend par "charge critique" une estimation quantitative de l'exposition à un ou plusieurs polluants au-dessous de laquelle, selon les connaissances actuelles, il ne se produit pas d'effets nocifs appréciables sur des éléments sensibles déterminés de l'environnement;
8. On entend par "grande source fixe existante" toute source fixe existante dont l'apport thermique est d'au moins 100 MW;
9. On entend par "grande source fixe nouvelle" toute source fixe nouvelle dont l'apport thermique est d'au moins 50 MW;

10. On entend par "grande catégorie de sources" toute catégorie de sources qui émettent ou peuvent émettre des polluants atmosphériques sous la forme d'oxydes d'azote, notamment les catégories décrites dans l'Annexe technique, et qui contribuent pour au moins 10 pour cent au total annuel des émissions nationales d'oxydes d'azote mesuré ou calculé sur la première année civile qui suit la date d'entrée en vigueur du présent Protocole, puis tous les quatre ans;

11. On entend par "source fixe nouvelle" toute source fixe dont la construction ou la modification importante est commencée après l'expiration de deux ans à partir de la date d'entrée en vigueur du présent Protocole;

12. On entend par "source mobile nouvelle" un véhicule à moteur ou autre source mobile fabriqué après l'expiration de deux ans à partir de la date d'entrée en vigueur du présent Protocole.

## **Article 2**

### **Obligations fondamentales**

1. Les Parties prennent, dans un premier temps et dès que possible, des mesures efficaces pour maîtriser et/ou réduire leurs émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières afin que ceux-ci, le 31 décembre 1994 au plus tard, ne soient pas supérieurs à leurs émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote ou aux flux transfrontières de ces émissions pendant l'année civile 1987 ou toute année antérieure à spécifier lors de la signature du Protocole ou de l'adhésion à celui-ci à condition qu'en outre, en ce qui concerne une Partie quelconque spécifiant toute année antérieure, ses flux transfrontières nationaux ou ses émissions nationales d'oxydes d'azote pendant la période du 1er janvier 1987 au 1er janvier 1996 ne dépassent pas, en moyenne annuelle, ses flux transfrontières ou ses émissions nationales pendant l'année civile 1987.

2. En outre, les Parties prennent notamment, deux ans au plus tard après la date d'entrée en vigueur du présent Protocole, les mesures suivantes :

*a)* Application de normes nationales d'émission pour les grandes sources et/ou catégories de sources fixes nouvelles, et pour les sources fixes sensiblement modifiées dans les grandes catégories de sources, normes fondées sur les meilleures technologies applicables et économiquement acceptables, en prenant en considération l'Annexe technique;

*b)* Application de normes nationales d'émission aux sources mobiles nouvelles dans toutes les grandes catégories de sources, normes fondées sur les meilleures technologies applicables et économiquement acceptables, en prenant en considération l'Annexe technique et les décisions pertinentes prises dans le cadre du Comité des transports intérieurs de la Commission; et

*c)* Adoption de mesures antipollution pour les grandes sources fixes existantes, en prenant en considération l'Annexe technique et les caractéristiques de l'installation, son âge, son taux d'utilisation et la nécessité d'éviter une perturbation injustifiée de l'exploitation.

3. a) Les Parties, dans un deuxième temps, entament des négociations, six mois au plus tard après la date d'entrée en vigueur du présent Protocole, sur les mesures ultérieures à prendre pour réduire les émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote ou les flux transfrontières de ces émissions, en tenant compte des meilleures innovations scientifiques et techniques disponibles, des charges critiques acceptées sur le plan international et des autres éléments résultant du programme de travail entrepris au titre de l'article 6.

b) A cette fin, les Parties coopèrent en vue de définir:

- i) les charges critiques;
- ii) les réductions nécessaires des émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote ou des flux transfrontières de ces émissions pour atteindre les objectifs convenus fondés sur les charges critiques; et
- iii) des mesures et un calendrier commençant à courir au plus tard le 1er janvier 1996 pour réaliser ces réductions.

4. Les Parties peuvent prendre des mesures plus rigoureuses que celles prescrites par le présent article.

### **Article 3**

#### **Echange de technologies**

1. Les Parties facilitent, conformément à leurs lois, réglementations et pratiques nationales, l'échange de technologies en vue de réduire les émissions d'oxydes d'azote, en particulier en encourageant :

a) l'échange commercial des techniques disponibles;

b) les contacts directs et la coopération dans le secteur industriel, y compris les coentreprises;

c) l'échange de données d'information et d'expérience; et

d) l'octroi d'une assistance technique.

2. Dans l'encouragement des activités indiquées aux alinéas a) à d) ci-dessus, les Parties créent des conditions favorables en facilitant les contacts et la coopération entre les organisations et personnes compétentes des secteurs privé et public capables de fournir la technologie, les services de conception et d'ingénierie, le matériel ou le financement nécessaires.

3. Les Parties entreprendront, six mois au plus tard après la date d'entrée en vigueur au présent Protocole, l'examen des démarches nécessaires pour créer des conditions plus favorables à l'échange des techniques permettant de réduire les émissions d'oxydes d'azote.

## **Article 4**

### **Carburant sans plomb**

Les Parties feront en sorte que, le plus tôt possible mais au plus tard deux ans après la date d'entrée en vigueur du présent Protocole, le carburant sans plomb soit suffisamment disponible, dans des cas particuliers au minimum le long des grands itinéraires de transit international, pour faciliter la circulation des véhicules équipés de convertisseurs catalytiques.

## **Article 5**

### **Processus de révision**

1. Les Parties révisent périodiquement le présent Protocole, en tenant compte des meilleures bases scientifiques et innovations techniques disponibles.
2. La première révision aura lieu au plus tard un an après la date d'entrée en vigueur du présent Protocole.

## **Article 6**

### **Travaux à entreprendre**

Les Parties accordent un rang de priorité élevé aux activités de recherche et de surveillance relatives à la mise au point et à l'application d'une méthode fondée sur les charges critiques pour déterminer, de manière scientifique, les réductions nécessaires des émissions d'oxydes d'azote. Les Parties visent en particulier, par des programmes nationaux de recherche, dans le plan de travail de l'Organe exécutif et par d'autres programmes de coopération entrepris dans le cadre de la Convention, à :

*a)* identifier et quantifier les effets des émissions d'oxydes d'azote sur l'homme, la vie végétale et animale, les eaux, les sols et les matériaux, en tenant compte de l'impact qu'ont sur eux les oxydes d'azote provenant d'autres sources que les retombées atmosphériques;

*b)* déterminer la répartition géographique des zones sensibles;

*c)* mettre au point des systèmes de mesure et des modèles, y compris des méthodes harmonisées pour le calcul des émissions, afin de quantifier le transport à longue distance des oxydes d'azote et des polluants connexes;

*d)* affiner les estimations des résultats et du coût des techniques de lutte contre les émissions d'oxydes d'azote et tenir un relevé de la mise au point des techniques améliorées ou nouvelles; et

e) mettre au point, dans le contexte d'une approche fondée sur les charges critiques, des méthodes permettant d'intégrer les données scientifiques, techniques et économiques afin de déterminer des stratégies de lutte appropriées.

## **Article 7**

### **Programmes, politiques et stratégies nationaux**

Les Parties établissent sans retard des programmes, politiques et stratégies nationaux d'exécution des obligations découlant du présent Protocole, qui permettront de combattre et de réduire les émissions d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières.

## **Article 8**

### **Echange de renseignements et rapports annuels**

1. Les Parties échangent des renseignements en notifiant à l'Organe exécutif les programmes, politiques et stratégies nationales qu'elles établissent conformément à l'article 7 ci-dessus et en lui faisant rapport chaque année sur les progrès réalisés et toutes modifications apportées dans ces programmes, politiques et stratégies, et en particulier sur:

a) les émissions annuelles nationales d'oxydes d'azote et la base sur laquelle elles ont été calculées;

b) les progrès dans l'application de normes nationales d'émission prévues aux alinéas 2 a) et 2 b) de l'article 2 ci-dessus, et les normes nationales d'émission appliquées ou à appliquer ainsi que les sources et/ou catégories de sources considérées;

c) les progrès dans l'adoption des mesures antipollution, prévues à l'alinéa 2 c) de l'article 2 ci-dessus, les sources considérées et les mesures adoptées ou à adopter;

d) les progrès réalisés dans la mise à la disposition du public de carburant sans plomb;

e) les mesures prises pour faciliter l'échange de technologies; et

f) les progrès réalisés dans la détermination de charges critiques.

2. Ces renseignements sont communiqués, autant que possible, conformément à un cadre de présentation uniforme des rapports.

## **Article 9**

### **Calculs**

Utilisant des modèles appropriés, l'EMEP fournit à l'Organe exécutif, en temps opportun avant ses réunions annuelles, des calculs des bilans d'azote, des flux transfrontières et des retombées

d'oxydes d'azote dans la zone géographique des activités de l'EMEP. Dans les régions hors de la zone des activités de l'EMEP, des modèles appropriés aux circonstances particulières des Parties à la Convention sont utilisés.

## **Article 10**

### **Annexe technique**

L'Annexe technique au présent Protocole a le caractère d'une recommandation. Elle fait partie intégrante du Protocole.

## **Article 11**

### **Amendements au Protocole**

1. Toute Partie peut proposer des amendements au présent Protocole.
2. Les propositions d'amendements sont soumises par écrit au Secrétaire exécutif de la Commission qui les communique à toutes les Parties. L'Organe exécutif examine les propositions d'amendements à sa réunion annuelle la plus proche sous réserve que ces propositions aient été communiquées aux Parties par le Secrétaire exécutif au moins 90 jours à l'avance.
3. Les amendements au Protocole, sauf les amendements à son Annexe technique, sont adoptés par consensus des Parties représentées à une réunion de l'Organe exécutif, et entrent en vigueur à l'égard des Parties qui les ont acceptés le quatre-vingt-dixième jour suivant la date à laquelle deux tiers des Parties ont déposé leurs instruments d'acceptation de ces amendements. Les amendements entrent en vigueur à l'égard de toute Partie qui les a acceptés après que deux tiers des Parties ont déposé leurs instruments d'acceptation de ces amendements, le quatre-vingt-dixième jour suivant la date à laquelle ladite Partie a déposé son instrument d'acceptation des amendements.
4. Les amendements à l'Annexe technique sont adoptés par consensus des Parties représentées à une réunion de l'Organe exécutif et prennent effet le trentième jour suivant la date à laquelle ils ont été communiqués conformément au paragraphe 5 ci-après.
5. Les amendements visés aux paragraphes 3 et 4 ci-dessus sont communiqués à toutes les Parties par le Secrétaire exécutif, le plus tôt possible après leur adoption.

## **Article 12**

### **Règlement des différends**

Si un différend s'élève entre deux ou plusieurs Parties quant à l'interprétation ou à l'application du présent Protocole, ces Parties recherchent une solution par voie de négociation ou par toute autre méthode de règlement des différends acceptable pour les Parties au différend.

## **Article 13**

### **Signature**

1. Le présent Protocole est ouvert à la signature à Sofia du 1er au 4 novembre 1988 inclus, puis au Siège de l'Organisation des Nations Unies à New York jusqu'au 5 mai 1989, par les Etats membres de la Commission et par les Etats dotés du statut consultatif auprès de la Commission, conformément au paragraphe 8 de la résolution 36 (IV) du Conseil économique et social en date du 28 mars 1947 et par les organisations d'intégration économique régionale constituées par des Etats souverains membres de la Commission, ayant compétence pour négocier, conclure et appliquer des accords internationaux dans les matières visées par le présent Protocole, sous réserve que les Etats et organisations concernés soient Parties à la Convention.
2. Dans les matières qui relèvent de leur compétence, ces organisations d'intégration économique régionale exercent en propre les droits et s'acquittent en propre des responsabilités que le présent Protocole attribue à leurs Etats membres. En pareil cas, les Etats membres de ces organisations ne peuvent exercer ces droits individuellement.

## **Article 14**

### **Ratification, acceptation, approbation et adhésion**

1. Le présent Protocole est sujet à ratification, acceptation ou approbation par les Signataires.
2. Le présent Protocole est ouvert à compter du 6 mai 1989 à l'adhésion des Etats et organisations visés au paragraphe 1 de l'article 13 ci-dessus.
3. Un Etat ou une organisation qui adhère au présent Protocole après le 31 décembre 1993 peut appliquer les articles 2 et 4 ci-dessus au plus tard le 31 décembre 1995.
4. Les instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion sont déposés auprès du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies, qui exerce les fonctions de dépositaire.

## **Article 15**

### **Entrée en vigueur**

1. Le présent Protocole entre en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date du dépôt du seizième instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.
2. Pour chaque Etat ou organisation visé au paragraphe 1 de l'article 13 ci-dessus, qui ratifie, accepte ou approuve le présent Protocole ou y adhère après le dépôt du seizième instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, le Protocole entre en



vigueur le quatre-vingt-dixième jour suivant la date du dépôt par cette Partie de son instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

## **Article 16**

### **Dénonciation**

A tout moment après cinq ans à compter de la date à laquelle le présent Protocole est entré en vigueur à l'égard d'une Partie, cette Partie peut dénoncer le Protocole par une notification écrite adressée au dépositaire. La dénonciation prend effet le quatre-vingt-dixième jour suivant la date de sa réception par le dépositaire, ou à toute autre date ultérieure qui peut être spécifiée dans la notification de dénonciation.

## **Article 17**

### **Textes faisant foi**

L'original du présent Protocole, dont les textes anglais, français et russe font également foi, est déposé auprès du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies.

EN FOI DE QUOI les soussignés, à ce dûment autorisés, ont signé le présent Protocole.

FAIT à Sofia, le trente et unième jour du mois d'octobre mil neuf cent quatre-vingt-huit.

## ANNEXE TECHNIQUE

1. L'annexe a pour but de fournir des orientations aux Parties à la Convention en vue de déterminer les options et techniques de lutte contre les émissions d'oxydes d'azote leur permettant de s'acquitter de leurs obligations au titre du Protocole.
2. Elle est fondée sur des renseignements concernant les options et techniques relatives à la réduction des émissions de NO<sub>x</sub>, ainsi que sur les résultats et les coûts de ces options et techniques, figurant dans la documentation officielle de l'Organe exécutif et de ses organes subsidiaires et dans la documentation du Comité des transports intérieurs de la CEE et de ses organes subsidiaires ainsi que sur des renseignements supplémentaires fournis par des experts désignés par les gouvernements.
3. L'annexe vise la lutte contre les émissions de NO<sub>x</sub> considérées comme le total de l'oxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) exprimé en NO<sub>2</sub> et présente un certain nombre de mesures et de techniques de réduction des NO<sub>x</sub> englobant une large gamme de coûts et de degrés d'efficacité. Sauf indication contraire, celles-ci sont considérées comme des techniques bien établies, compte tenu d'une importante expérience pratique acquise, dans la plupart des cas, sur cinq ans ou plus. Cependant, il ne s'agit pas d'un exposé exhaustif des moyens de lutte possibles; le but est d'aider les Parties à identifier les meilleures techniques disponibles qui soient économiquement applicables en tant que base pour des normes nationales d'émission et à introduire des mesures antipollution.
4. Le choix des mesures à appliquer dans tel ou tel cas dépend de divers facteurs, notamment la législation et les dispositions réglementaires pertinentes, la composition des énergies primaires, l'infrastructure industrielle et la conjoncture économique de la Partie concernée et, dans le cas des sources fixes, l'état de l'installation. Il convient de se rappeler que, souvent, les sources de NO<sub>x</sub> sont également la source d'autres polluants, tels que des oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>), des composés organiques volatils (COV) et des particules. Dans la conception des moyens de lutte possibles, toutes les émissions polluantes doivent être prises en considération en vue de porter au maximum l'effet global de réduction et de réduire au minimum les atteintes à l'environnement dues à la source en question.
5. L'annexe tient compte de l'état des connaissances et des données d'expérience sur les mesures de lutte contre les NO<sub>x</sub>, y compris l'adaptation à posteriori, en 1992, dans le cas des sources fixes, et en 1994 dans celui des sources mobiles. Comme ces connaissances et ces données d'expérience se développent constamment, particulièrement sous l'effet de l'utilisation de techniques peu polluantes sur de nouveaux véhicules, de la mise au point de carburants de remplacement ainsi que de la reconversion et d'autres stratégies appliquées aux véhicules existants, l'annexe doit être régulièrement mise à jour et modifiée.

## I. TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LES EMISSIONS DE NO<sub>x</sub> PROVENANT DE SOURCES FIXES

6. La combustion de combustibles fossiles est la principale source des émissions de NO<sub>x</sub> d'origine anthropique provenant de sources fixes. En outre, certaines opérations autres que la combustion peuvent contribuer beaucoup à ces émissions. Selon l'EMEP/CORINAIR'90, les grandes catégories de sources fixes d'émissions de NO<sub>x</sub> sont les suivantes :

a) centrales électriques publiques, installations mixtes et installations de chauffage urbain:

- i) chaudières;
- ii) turbines fixes à gaz de combustion et moteurs à combustion interne;

b) installations de combustion commerciales, institutionnelles et résidentielles :

- i) chaudières commerciales;
- ii) appareils de chauffage domestique;

c) installations de combustion industrielles et procédés à combustion :

- i) chaudières et fours de réchauffage (pas de contact direct entre les gaz de carneau et les produits);
- ii) procédés (contact direct) (calcination en four rotatif, fabrication de ciment, de chaux, de verre, de pâte à papier, etc., métallurgie);

d) opérations autres que la combustion, par exemple production d'acide nitrique;

e) extraction, transformation et distribution de combustibles fossiles;

f) traitement et élimination des déchets, par exemple l'incinération des résidus urbains et des déchets industriels.

7. Dans la région de la CEE, les procédés à combustion (catégories a), b) et c)) représentent 85 % des émissions de NO<sub>x</sub> provenant de sources fixes; les opérations autres que la combustion, par exemple les procédés de fabrication, 12 %; et l'extraction, la transformation et la distribution de combustibles fossiles, 3 %. Si, dans beaucoup de pays membres de la CEE, ce sont les centrales électriques (catégorie a)) qui contribuent le plus aux émissions de NO<sub>x</sub> provenant de sources fixes, la principale source d'émissions d'oxydes d'azote est, en général, la circulation routière, mais l'importance relative de ces différentes sources varie selon les Parties à la Convention. Il faut tenir compte aussi des sources industrielles.

## MOYENS GENERAUX DE REDUIRE LES EMISSIONS DE NO<sub>x</sub> DUES A LA COMBUSTION

8. Les moyens généraux de réduire les NO<sub>x</sub> sont les suivants:

a) mesures de gestion de l'énergie <sup>1/</sup>:

- i) économies d'énergie;
- ii) panachage des énergies;

b) moyens techniques :

- i) remplacement/épuration des combustibles;
- ii) autres techniques de combustion;
- iii) modification des procédés et du mode de combustion;
- iv) traitement des gaz de carneau.

9. Pour réaliser le programme de réduction de NO<sub>x</sub> le plus efficace, il convient, en dehors des mesures énumérées sous a), d'envisager une combinaison des moyens techniques indiqués sous b). La combinaison de la modification du mode de combustion et du traitement des gaz de carneau nécessite une évaluation particulière sur place.

10. Dans certains cas, en réduisant les émissions de NO<sub>x</sub>, on parvient également à réduire celles de CO<sub>2</sub>, de SO<sub>2</sub> et d'autres polluants.

### Economies d'énergie

11. L'utilisation rationnelle de l'énergie (amélioration de l'efficacité énergétique et des procédés, production combinée chaleur-électricité et/ou gestion de la demande) entraîne habituellement une réduction des émissions de NO<sub>x</sub>.

### Panachage des énergies

12. En général, on peut réduire les émissions de NO<sub>x</sub> en augmentant la part des énergies qui ne nécessitent pas de combustion (hydraulique, nucléaire, éolienne, etc.). Mais d'autres atteintes à l'environnement sont à prendre en considération.

### Remplacement/épuration des combustibles

13. Le tableau 1 indique les volumes d'émissions de NO<sub>x</sub> sans dépollution que l'on peut attendre de la combustion de combustibles fossiles dans les différents secteurs.

14. Le remplacement de combustibles (par exemple de combustibles riches en azote par des combustibles qui en contiennent peu ou du charbon par le gaz) peut entraîner une diminution des émissions de NO<sub>x</sub>, mais peut se heurter à certaines difficultés, par exemple celle d'obtenir des

---

<sup>1/</sup> Les moyens a) i) et ii) sont intégrés à la structure/politique énergétique d'une Partie. Leur degré de mise en oeuvre, leur efficacité et leurs coûts par secteur ne sont pas examinés ici.

combustibles émettant peu de  $\text{NO}_x$  (gaz naturel dans les usines, etc.) ou l'adaptabilité des fours existants à d'autres combustibles. Dans beaucoup de pays de la CEE, on remplace actuellement des installations fonctionnant au charbon ou aux hydrocarbures par des installations au gaz.

15. L'extraction de l'azote contenu dans les combustibles n'est pas rentable. Toutefois, le recours accru à la technologie du craquage dans les raffineries permet aussi de réduire la teneur en azote des produits finals.

#### Autres techniques de combustion

16. Il s'agit de techniques de combustion dont le rendement thermique a été amélioré et qui émettent moins de  $\text{NO}_x$  :

*a)* production combinée chaleur-électricité au moyen de turbines et de moteurs à gaz;

*b)* combustion en lit fluidisé (CLF) : en lit bouillonnant (CLFB) et en lit circulant (CLFC);

*c)* cycle combiné avec gazéification intégrée (CCGI);

*d)* turbines à gaz pour cycle combiné (TGCC).

17. Les volumes des émissions correspondant à ces techniques sont indiqués au tableau 1.

18. Les turbines de combustion fixes peuvent également être intégrées aux centrales électriques traditionnelles (fractionnement), ce qui permet d'améliorer le rendement général de 5 à 6 %, mais la réduction de  $\text{NO}_x$  réalisable dépend des caractéristiques du site et du combustible. Les turbines et moteurs à gaz sont largement utilisés pour la production mixte. En règle générale, l'économie d'énergie peut atteindre 30 % environ. Dans les deux cas, l'application de nouveaux concepts en ce qui concerne les techniques de combustion et la technologie des systèmes a permis de réduire sensiblement les émissions de  $\text{NO}_x$ . Toutefois, cette intégration nécessite une modification profonde du système des chaudières.

19. La CLF est une technique de combustion adaptée à la houille et au lignite, mais peut aussi fonctionner avec d'autres combustibles solides, tels que le coke de pétrole, et avec des combustibles pauvres (déchets, tourbe et bois). En outre, on peut réduire les émissions en intégrant au système un dispositif de réglage de la combustion. Une forme de CLF plus moderne est la combustion en lit fluidisé sous pression (CLFP) qui est actuellement commercialisée pour la production d'électricité et de chaleur. La puissance installée totale en CLF approche des 30 000  $\text{MW}_{\text{th}}$  (250 à 350 installations), dont 8 000  $\text{MW}_{\text{th}}$  dans la tranche des  $> 50 \text{ MW}_{\text{th}}$ .

20. Le CCGI comprend la gazéification du charbon et la production d'électricité en cycle combiné dans une turbine à gaz et à vapeur. Le charbon gazéifié est brûlé dans la chambre de combustion de la turbine à gaz. Cette technique est également appliquée au résidu d'huile lourde et à l'émulsion bitumineuse. La puissance installée est actuellement de quelque 1 000  $\text{MW}_{\text{el}}$  (5 installations).

21. Des centrales à gaz en cycle combiné fonctionnant au moyen de turbines à gaz perfectionnées ayant un rendement énergétique de 48-52 % et émettant moins de NO<sub>x</sub> sont actuellement à l'étude.

#### Modification des procédés et du mode de combustion

22. Il s'agit de mesures appliquées en cours de combustion pour réduire la formation de NO<sub>x</sub> : réglage du taux d'air de combustion, de la température de la flamme, du rapport combustible/air, etc. Les techniques de combustion ci-après peuvent être mises en place, individuellement ou en combinaison, dans des installations nouvelles ou existantes. Elles sont très répandues dans le secteur des centrales électriques et dans certains domaines du secteur industriel :

a) combustion sous faible excès d'air <sup>2/</sup> ;

b) préchauffage d'air réduit <sup>2/</sup> ;

c) brûleur hors service <sup>2/</sup> ;

d) allumage polarisé du brûleur <sup>2/</sup> ;

e) brûleurs à faible dégagement de NO<sub>x</sub> <sup>2/</sup> et <sup>3/</sup> ;

f) recirculation des gaz de combustion <sup>3/</sup> ;

g) combustion avec air additionnel <sup>2/</sup> et <sup>3/</sup> ;

h) recombustion par réduction des NO<sub>x</sub> dans le four <sup>4/</sup> ;

i) injection d'eau/de vapeur et utilisation combinée de combustibles pauvres/préalablement mélanges <sup>5/</sup>

23. Les volumes des émissions résultant de l'application de ces techniques (calculés surtout à partir de l'expérience des centrales électriques) sont indiqués au tableau 1.

24. Les modifications du mode de combustion font constamment l'objet d'études et de mesures d'optimisation. La réduction des NO<sub>x</sub> dans le four est à l'essai dans quelques grandes installations de démonstration, et les modifications de base du mode de combustion sont principalement incorporées à la conception des chaudières et des brûleurs. Par exemple, les modèles de fours modernes comprennent des orifices pour combustion avec air additionnel, et les brûleurs à gaz/huile sont équipés d'un système de recirculation des gaz de carneau. La dernière génération de brûleurs à faible dégagement de NO<sub>x</sub> combine l'étagement de l'air et l'étagement du combustible. Ces dernières années, la réadaptation complète des installations pour y introduire

---

<sup>2/</sup> Mesures de réadaptation typiques, à faible rendement et applicabilité limitée.

<sup>3/</sup> Etat actuel de la technique dans les installations nouvelles.

<sup>4/</sup> Appliqué dans de grandes installations industrielles; expérience pratique encore limitée.

<sup>5/</sup> Pour turbines à gaz de combustion.

les modifications apportées au mode de combustion a beaucoup augmenté dans les pays membres de la CEE. En 1992, la puissance installée totalisait quelque 150 000 MW.

### Traitement des gaz de carneau

25. Les procédés de traitement des gaz de carneau ont pour but d'en extraire les NO<sub>x</sub> déjà formés; c'est pourquoi on parle aussi à leur propos de mesures secondaires. Normalement, pour réduire les émissions de NO<sub>x</sub>, on commence chaque fois que possible par prendre des mesures primaires avant de procéder au traitement des gaz de carneau. Les connaissances actuelles en la matière sont toutes fondées sur l'extraction de NO<sub>x</sub> par procédé chimique par voie sèche.

26. Il s'agit des procédés suivants :

a) réduction catalytique sélective;

b) réduction non catalytique sélective;

c) extraction combinée de NO<sub>x</sub> et de SO<sub>x</sub> :

i) charbon actif;

ii) extraction catalytique combinée de NO<sub>x</sub> et de SO<sub>x</sub>.

27. Les émissions résultant de l'application des techniques de réduction catalytique et non catalytique sélective sont indiquées au tableau 1. Les chiffres sont tirés de l'expérience pratique acquise dans un grand nombre d'installations en service. En 1991 ont été mis en place, dans la partie européenne de la CEE, environ 130 installations de réduction catalytique sélective totalisant 50 000 MW<sub>el</sub>, 12 installations de réduction non catalytique sélective (2 000 MW<sub>el</sub>), une installation de charbon activé (250 MW<sub>el</sub>) et deux procédés catalytiques combinés (400 MW<sub>el</sub>). Le rendement d'épuration NO<sub>x</sub> du charbon actif et des procédés catalytiques combinés est comparable à celui de la réduction catalytique sélective.

28. Le tableau 1 indique aussi les coûts de l'application des techniques de réduction des NO<sub>x</sub>.

### *TECHNIQUES DE LUTTE POUR D'AUTRES SECTEURS*

29. Contrairement à la plupart des procédés de combustion, l'introduction dans le secteur industriel de modifications apportées au mode de combustion et/ou aux procédés se heurte à de nombreuses limitations. Dans les fours à ciment et les fours de fusion du verre, par exemple, il faut de hautes températures pour assurer la qualité du produit. Les modifications courantes du mode de combustion sont l'introduction de brûleurs à combustion étagée dégageant peu de NO<sub>x</sub>, la recirculation des gaz de carneau et l'optimisation du procédé (précalcination dans les fours à ciment, etc.).

30. Le tableau 1 donne quelques exemples.

### *EFFETS SECONDAIRES/SOUS-PRODUITS*

31. Les effets secondaires ci-après n'empêchent l'application d'aucune technique ou méthode, mais n'en sont pas moins à prendre en considération quand plusieurs moyens de réduction des NO<sub>x</sub> sont possibles. En général, toutefois, une bonne conception et un fonctionnement approprié permettent de les limiter:

a) Modifications du mode de combustion:

- baisse éventuelle du rendement général;
- formation accrue de CO et émissions d'hydrocarbures;
- corrosion due à l'atmosphère réductrice;
- formation possible de N<sub>2</sub>O dans les systèmes CLF;
- accroissement possible des cendres volantes carbonées;

b) Réduction catalytique sélective:

- présence de NH<sub>3</sub> dans les cendres volantes;
- formation de sels d'ammonium dans les installations en aval;
- désactivation du catalyseur;
- conversion accrue de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>;

c) Réduction non catalytique sélective:

- présence de NH<sub>3</sub> dans les cendres volantes;
- formation de sels d'ammonium dans les installations en aval;
- formation possible de N<sub>2</sub>O.

32. Pour ce qui est des sous-produits, les seuls à prendre en considération sont les catalyseurs désactivés du procédé de réduction catalytique sélective. En raison de leur classement comme déchets, l'évacuation simple est exclue; il existe toutefois des possibilités de les recycler.

33. La production de réactifs (ammoniac, urée) pour les procédés de traitement des gaz de carneau implique plusieurs opérations distinctes qui demandent de l'énergie et des substances entrant en réaction. Les systèmes de stockage de l'ammoniac sont soumis à une réglementation de sécurité et sont conçus pour fonctionner en circuit fermé, ce qui réduit au minimum les émissions d'ammoniac. L'utilisation de NH<sub>3</sub> n'est toutefois pas compromise, même si l'on tient compte des émissions indirectes liées à sa production et à son transport.

### *CONTROLE ET COMMUNICATION DES DONNEES*

34. Les mesures prises par les pays pour mettre en oeuvre leurs stratégies et politiques de réduction de la pollution atmosphérique comprennent des lois et des règlements, des stimulants



et antistimulants économiques, ainsi que des exigences techniques (meilleures techniques disponibles).

35. En général on peut fixer les normes de limitation des émissions par source d'émission en fonction de la taille de l'installation, du mode opératoire, de la technique de combustion, du type de combustible et du fait que l'installation est nouvelle ou déjà existante. Une autre solution appliquée consiste à fixer un objectif de réduction globale des émissions de NO<sub>x</sub> d'un groupe de sources et à permettre aux Parties de choisir le secteur d'intervention approprié pour l'atteindre (principe de la bulle).

36. La limitation des émissions de NO<sub>x</sub> aux niveaux fixés par la législation nationale doit être soumise à un système permanent de contrôle et de communication des données, et les résultats doivent en être notifiés aux autorités de surveillance.

37. Il existe actuellement plusieurs systèmes de contrôle, fondés sur des méthodes de mesure continue ou discontinue. Toutefois, les normes de qualité varient d'une Partie à l'autre. Les mesures doivent être effectuées par des instituts qualifiés et au moyen de systèmes de mesure/de contrôle agréés. A cet effet, un système d'homologation peut constituer la meilleure garantie.

38. Avec les systèmes de contrôle automatique et le matériel de commande modernes, la communication des données ne pose pas de problèmes. Leur collecte en vue d'une utilisation ultérieure fait appel aux techniques modernes. Toutefois, les données à communiquer aux autorités compétentes varient d'une Partie à l'autre. Pour améliorer la comparabilité des données, il faudrait harmoniser les séries et les réglementations. L'harmonisation est également souhaitable pour garantir la qualité des systèmes de mesure/ de contrôle. Cette nécessité est à prendre en considération lorsqu'on compare des données provenant de différentes Parties.

39. Pour éviter les disparités et les données non comparables, il s'agit de bien définir les éléments et paramètres essentiels, notamment:

- Les normes doivent être exprimées en ppmv, mg/m<sup>3</sup>, g/GJ, kg/h ou kg/t des produits. La plupart de ces unités sont à calculer et à spécifier pour la température du gaz, l'humidité, la pression, la teneur en oxygène et la valeur de l'apport thermique;
- Il importe de définir l'intervalle de temps à retenir pour exprimer les normes en moyennes (horaires, mensuelles, annuelles);
- Il faut indiquer la durée des pannes et la réglementation applicable pour contourner des systèmes de surveillance ou obvier à l'arrêt d'une installation;
- Il faut définir les méthodes permettant de restituer les données ratées ou perdues à la suite d'une panne de matériel;
- Il importe de définir la série de paramètres à mesurer. Les renseignements requis peuvent varier selon le type de procédé industriel, ce qui implique la nécessité de situer le point de mesure dans le système.

40. Le contrôle de la qualité des mesures doit être garanti.

## **II. TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LES EMISSIONS DE NO<sub>x</sub> PROVENANT DE SOURCES MOBILES**

### *PRINCIPALES SOURCES MOBILES D'OXYDES D'AZOTE*

41. Les principales sources d'émissions d'origine anthropique de NO<sub>x</sub> sont :

En ce qui concerne les véhicules routiers :

- Les véhicules particuliers à essence et gazole;
- Les véhicules utilitaires légers;
- Les poids lourds;
- Les motocycles et les cyclomoteurs;
- Les tracteurs (agricoles et forestiers).

En ce qui concerne les engins non routiers:

- Les machines agricoles, industrielles (mobiles) et de construction.

En ce qui concerne les autres sources mobiles:

- Les chemins de fer;
- Les bateaux et les autres engins de navigation;
- Les aéronefs.

42. Les transports routiers sont une importante source d'émissions anthropiques de NO<sub>x</sub> dans de nombreux pays de la CEE, où ils peuvent représenter jusqu'aux deux tiers des émissions totales. Dans certains pays, les véhicules à essence sont responsables des deux tiers des émissions totales de NO<sub>x</sub> liées à la circulation routière. Dans un petit nombre de cas cependant, les émissions de NO<sub>x</sub> par les poids lourds sont supérieures à celles, en baisse, des voitures particulières.

43. De nombreux pays ont adopté des règlements qui limitent les émissions de polluants par les véhicules routiers. Pour les usages autres que routiers, des normes d'émissions, y compris pour les oxydes d'azote, ont été adoptées par certains pays de la CEE et sont en cours d'élaboration au sein de la CEE. Les émissions d'oxydes d'azote à partir de ces sources peuvent être importantes.

44. En attendant de plus amples informations, la présente annexe ne concerne que les véhicules routiers.

*CARACTERISTIQUES GENERALES DES TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS  
D'OXYDES D'AZOTE PROVENANT DES VEHICULES ROUTIERS*

45. Les véhicules routiers retenus dans la présente annexe sont les voitures particulières, les véhicules utilitaires légers, les motocycles et cyclomoteurs et les poids lourds.
46. Tous les véhicules, qu'ils soient neufs ou non, sont pris en compte, mais la présente annexe s'intéresse plus particulièrement à la réduction des émissions d'oxydes d'azote des nouveaux types de véhicules.
47. Les coûts indiqués pour les différentes solutions techniques sont les surcoûts estimés de production et non les surcoûts facturés à l'acheteur.
48. Il est important de veiller à ce que les normes d'émissions pour les véhicules neufs soient maintenues à l'usage. On peut y parvenir par des programmes d'inspection et d'entretien, en assurant la conformité de la production et la durabilité des équipements pendant toute la durée de vie, en garantissant ces équipements et en rappelant les véhicules défectueux.
49. Des incitations fiscales peuvent accélérer la diffusion des nouvelles techniques. L'adaptation des véhicules déjà en service présente peu d'intérêt pour la réduction des émissions d'oxydes d'azote, et pourrait être difficile à appliquer à un pourcentage important du parc automobile.
50. Les moteurs à essence pourvus de convertisseurs catalytiques utilisent nécessairement un carburant sans plomb dont il convient d'assurer une distribution générale. Pour les moteurs diesel, l'emploi de techniques de traitement en aval - par exemple, catalyseurs à oxydation ou filtres à particules - nécessite l'emploi de carburants dont la teneur en soufre ne doit pas dépasser 0,05 %.
51. La gestion de la circulation urbaine et à longue distance, qui n'est pas traitée dans la présente annexe, est une autre méthode efficace de lutte contre les émissions, y compris de NO<sub>x</sub>. Les mesures qui s'offrent pour réduire ces dernières et les émissions d'autres polluants atmosphériques peuvent consister à limiter la vitesse de circulation et à assurer une gestion efficace de la circulation. D'autres mesures importantes visent à changer la répartition modale des transports publics et à longue distance, particulièrement dans les zones sensibles telles que les villes ou la chaîne des Alpes, en transférant le trafic de la route au rail au moyen d'instruments d'ordre technique, structurel, financier et réglementaire et par l'optimisation de la logistique des systèmes de transport. Les conséquences en seront aussi bénéfiques pour la lutte contre d'autres effets nocifs liés à l'accroissement de la circulation (bruit, embouteillages, etc.).
52. Plusieurs solutions existent pour réduire simultanément les émissions de divers polluants. Dans certaines applications, la réduction des émissions de NO<sub>x</sub> s'est accompagnée d'effets inverses (par exemple moteurs diesel ou à essence sans catalyseur). L'emploi de nouvelles techniques, et par exemple de dispositifs d'épuration en aval ou de moyens électroniques, pourrait modifier la situation. Les nouveaux carburants pour moteurs diesel ou à essence qui contiennent des additifs destinés à réduire la teneur des gaz d'échappement en NO<sub>x</sub> peuvent

également avoir leur place dans les stratégies de réduction des émissions d'oxydes d'azote des véhicules à moteur diesel.

## *TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE NO<sub>x</sub> DES VEHICULES ROUTIERS*

### Voitures particulières et véhicules utilitaires légers à essence et à moteur diesel

53. Le tableau 2 présente les différents procédés de réduction des émissions d'oxydes d'azote.

54. La base de comparaison retenue pour le tableau 2 est l'option B, qui représente les solutions techniques non catalytiques conçues pour répondre aux normes adoptées par les Etats-Unis pour 1973/1974 ou bien au Règlement 15-04<sup>6/</sup> de la CEE faisant suite à l'Accord de 1958 concernant l'adoption de conditions uniformes d'homologation et la reconnaissance réciproque de l'homologation des équipements et pièces de véhicules à moteur. Le tableau présente aussi les niveaux caractéristiques d'émissions en cas d'emploi de catalyseurs trifonctionnels ou de catalyseurs à oxydation et indique les coûts afférents.

55. Le niveau (A) "sans dispositif antipollution" s'applique à la situation de la région de la CEE en 1970 mais il peut être encore valable dans certaines zones.

56. Les niveaux indiqués dans le tableau 2 sont ceux des émissions mesurées au moyen de méthodes types d'essai. Les émissions sur route peuvent en différer sous l'influence de divers facteurs tels que la température ambiante, les conditions d'utilisation (particulièrement la vitesse), les propriétés du carburant et l'état d'entretien. Le potentiel de réduction indiqué est néanmoins considéré comme représentatif de ce qui est réalisable en condition d'utilisation.

57. La technique la plus efficace actuellement disponible de réduction des émissions est celle indiquée à l'option E, qui permet également de réduire fortement les émissions de composés organiques volatils et d'oxyde de carbone.

58. Pour respecter les programmes visant à réduire encore davantage les émissions de NO<sub>x</sub> (par exemple en Californie), les ingénieurs étudient de nouveaux systèmes à catalyseur trifonctionnel (option F), axés sur la gestion des moteurs, un réglage très précis du rapport air-carburant, une plus forte charge catalytique, l'adoption de systèmes de diagnostic à bord et d'autres dispositifs antipollution évolués.

### Motocycles et cyclomoteurs

59. Bien que les émissions de NO<sub>x</sub> des motocycles et des cyclomoteurs soient très faibles (par exemple dans le cas des moteurs à deux temps), elles ne sont toutefois pas à négliger. De plus, alors que leurs émissions de composés organiques volatils sont en passe d'être limitées par de nombreux pays parties à la Convention, leurs émissions de NO<sub>x</sub> risquent d'augmenter (par exemple avec l'adoption de moteurs à quatre temps). Les solutions techniques applicables sont

---

<sup>6/</sup> Remplacé par le Règlement No 83.

généralement les mêmes que pour les voitures particulières à essence. L'Autriche et la Suisse appliquent déjà des normes strictes relatives aux émissions de NO<sub>x</sub>.

### Poids lourds à moteur diesel

60. Le tableau 3 récapitule trois solutions techniques. La configuration de base est le moteur diesel à turbocompresseur. La tendance est aux moteurs à turbocompresseur avec échangeur intermédiaire, systèmes évolués d'injection et régulation électronique. Cette tendance pourrait offrir la possibilité de réduire la consommation de carburant (celle-ci ne fait cependant pas l'objet d'estimations comparées).

## *TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS POUR LES VEHICULES EN SERVICE*

### Durée de vie totale, rappel et garanties

61. Pour favoriser la durée de vie des dispositifs antipollution, il conviendrait d'envisager l'application de normes d'émissions ne pouvant pas être dépassées pendant la "durée de vie totale" du véhicule. A cette fin, il faut prévoir des programmes de surveillance imputant aux fabricants la responsabilité de rappeler les véhicules qui ne répondent pas aux normes prescrites. Pour que le propriétaire d'un véhicule n'ait pas à pâtir de problèmes liés à la production, les fabricants devraient garantir les éléments antipollution.

62. Il ne devrait pas y avoir de dispositifs permettant de réduire l'efficacité des dispositifs antipollution ou de les débrancher en condition de marche, sauf quand le bon fonctionnement du moteur l'exige (par exemple démarrage à froid).

### Inspection et entretien

63. Le programme d'inspection et d'entretien a une fonction secondaire importante. Il peut favoriser l'entretien régulier des véhicules et dissuader leurs propriétaires de dérégler ou de débrancher les dispositifs antiémission, et peut être imposé à la fois par une réglementation directe et par l'information. L'inspection devrait vérifier que les dispositifs antiémission n'ont été ni enlevés ni modifiés.

64. La surveillance des dispositifs antiémission peut être améliorée au moyen de systèmes de diagnostic à bord qui en contrôlent la marche, stockent des codes de défaillance pouvant être interrogés pour plus ample information et appellent l'attention du conducteur sur d'éventuelles réparations à effectuer.

65. En assurant que le niveau d'émission des véhicules neufs soit maintenu, les programmes d'inspection et d'entretien sont utiles quelle que soit la technique antipollution adoptée. Dans le cas des véhicules à catalyseur, il est essentiel de veiller à ce que soient maintenus les caractéristiques et les réglages des véhicules neufs pour éviter des détériorations dues aux principaux polluants, dont les oxydes d'azote.

**Tableau 1**

Source d'énergie	Emissions sans dépollution		Modifications du procédé et du mode de combustion			Traitement des gaz de carneau:					
						a) non catalytique			b) catalytique (après mesures primaires)		
	mg/m <sup>3</sup> 1/	g/GJ 1/	mg/m <sup>3</sup> 1/	g/GJ 1/	écus/Kw <sub>el</sub> 2/	mg/m <sup>3</sup> 1/	g/GJ 1/	écus/Kw <sub>el</sub> 2/	mg/m <sup>3</sup> 1/	g/GJ 1/	écus/Kw <sub>el</sub> 2/
<b><i>Catégorie de source i) : Centrales électriques publiques, installations mixtes et installations de chauffage urbain</i></b>											
<b>Chaudières :</b>											
Charbon, WBB 4/	1 500-2 200	530-770	1 000-1 800	350-630	3-25	NC		NC	< 200	< 70	50-100(125-200) 12/
Charbon, DBB 5/	800-1 500	280-530	300-850	100-300	3-25	200-400	70-140	9-11	< 200	< 70	50-100(125-200) 12/
Lignite 5/	450-750	189-315	190-300	80-126	30-40	< 200	< 84		< 200	< 85	80-100
Huile lourde 6/	700-1 400	140-400	150-500	40-140	jusqu'à 20	175-250	50-70	6-8	< 150	< 40	50-70
Huile légère 6/	350-1 200	100-332	100-350	30-100	jusqu'à 20	NC		6-8	< 150	< 40	50-70
EB 14/	800		NC		NC	NC					NC
Gaz naturel 6/	150-600	40-170	50-200	15-60	3-20	NC		5-7	< 100	< 30	
CLF	200-700		180-400		1 400-1 600 7/	< 130			NC		
CLFP	150-200	50-70			1 100 7/	60			< 140	< 50	
CCGI 13/	< 600		< 100						NC		
Turbines à gaz + TGCC 13/ 18/ :					<b>Coût d'investissement:</b>						
Gaz naturel	165-310	140-270	30-150	26-130	Sec 50-100	SO			20	17	
Carburant diesel	235-430	200-370	50-200	45-175	Humide 10-50	SO			120-180	70	



Source d'énergie	Emissions sans dépollution		Modifications du procédé et du mode de combustion			Traitement des gaz de carneau:					
						a) non catalytique			b) catalytique (après mesures primaires)		
	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/Kw <sub>el</sub> <u>2/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/Kw <sub>el</sub> <u>2/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/Kw <sub>el</sub> <u>2/</u>
Moteurs à combustion interne (gaz nat. < 1 MW <sub>el</sub> ) <u>4/</u>	4 800-6 300	1 500-2 000	320-640	100-200							
<b>Procédés industriels :</b>											
Calcination	1 000-2 000		500-800								
<b>Verre :</b>											
Verre plat		6 kg/t	500-2 000						< 500		
Récipients		2,5 kg/t									
Fibre		0,5 kg/t									
Verre industriel		4,2 kg/t									
<b>Métaux :</b>											
Agglomération	300-500 <u>16/</u>	1,5 kg/t							< 500		
Fours à coke	1 000	1 kg/t									
Combustibles carboniques séchés	< 3 000										
Fours à arc électrique	50-200										
Papier et pâte :											
Liqueur noire	170 <u>17/</u>	(50-80 g/GJ)		(20-40 g/GJ)		60					13-20





Source d'énergie	Emissions sans dépollution		Modifications du procédé et du mode de combustion			Traitement des gaz de carneau :					
						a) non catalytique			b) catalytique (après mesures primaires)		
	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/kW <sub>el</sub> <u>2/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/kW <sub>el</sub> <u>2/</u>	mg/m <sup>3</sup> <u>1/</u>	g/GJ <u>1/</u>	écus/kW <sub>el</sub> <u>2/</u>
<i>Catégorie de source v) : Extraction, transformation et distribution de combustibles fossiles</i>											
Raffineries <u>5/</u>	~ 1 000		100-700								
<i>Catégorie de source vi) : Traitement et élimination des déchets</i>											
Incinération <u>11/</u>	250-500		200-400						< 100		

*Notes du tableau 1*

1/ Emissions en mg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (PTN sec) ou en g/GJ d'apport thermique. Coefficients de conversion (de mg/m<sup>3</sup> en g/GJ) pour les émissions de NO<sub>x</sub> produites par les combustibles suivants : charbon (houille) : 0,35; charbon (lignite) : 0,42; huile/gaz : 0,277; tourbe : 0,5; bois avec écorce : 0,588 [1 g/GJ = 3,6 mg/kWh].

2/ Investissements totaux : 1 écu = 2 DM.

3/ Réduction généralement obtenue en combinaison avec des mesures primaires. Rendement de réduction de 80 à 95 %.

4/ A 5 % de O<sub>2</sub>.

5/ A 6 % de O<sub>2</sub>.

6/ A 3 % de O<sub>2</sub>.

7/ Y compris les coûts liés à la chaudière.

8/ A 7 % de O<sub>2</sub>.

9/ Les émissions des procédés industriels sont généralement exprimées en kg/t de produit.

10/ g/m<sup>2</sup> de surface.

11/ A 11 % de O<sub>2</sub>.

12/ Configuration gaz d'échappement-réduction catalytique sélective par opposition à une poussière concentrée.

13/ A 15 % de O<sub>2</sub>.

14/ Emulsion bitumineuse.

15/ Bois non traité seulement.

16/ Récupération de chaleur et recirculation des gaz.

17/ Matière sèche : < 75 %.

18/ Avec combustion supplémentaire; NO<sub>x</sub> thermique supplémentaire de l'ordre de 0-20 g/GJ.

SO : Sans objet.

NC : Données non connues.

## Tableau 2

Techniques de réduction des émissions pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers à essence et gazole

Technique	Niveau d'émission de NO <sub>x</sub> (%)	Surcoût de production estimatif <sup>1/</sup> (dollars E.-U.)
<u>Moteur à essence</u>		
A. Sans dispositif antipollution	100	-
B. Modifications du moteur (conception du moteur, systèmes de carburation et d'allumage, injection d'air)	70	<sup>2/</sup>
C. Catalyseur à oxydation	50	150-200
D. Catalyseur trifonctionnel	25	250-450 <sup>3/</sup>
E. Catalyseur trifonctionnel évolué	10	350-600 <sup>3/</sup>
F. Véhicules répondant aux normes californiennes de faible émission (option E améliorée)	6	> 700 <sup>3/</sup>
<u>Moteur diesel</u>		
G. Moteur diesel classique à injection indirecte	40	
H. Moteur à injection indirecte avec injection secondaire et à injection électronique à haute pression	30	1 000-1 200 <sup>4/</sup>
I. Moteur à injection directe avec suralimentation	50	1 000-1 200 <sup>4/</sup>

Note : Les options C, D, E et F imposent l'emploi d'une essence sans plomb; les options H et I nécessitent un carburant diesel à faible teneur en soufre.

<sup>1/</sup> Par véhicule, par rapport à l'option B. Les normes d'émissions d'oxydes d'azote peuvent avoir une incidence sur les prix des carburants et les coûts de raffinage, mais il n'en est pas tenu compte ici.

<sup>2/</sup> Le coût de la modification du moteur par rapport à l'option A est estimé à 40-100 dollars E.-U.

<sup>3/</sup> Pour les options D, E et F, les émissions de CO et de composés organiques volatils sont aussi fortement réduites. Les options B et C provoquent également une réduction des émissions de CO et de composés organiques volatils.

<sup>4/</sup> La consommation de carburant est réduite par rapport à l'option G et les émissions de particules sont fortement réduites.

### **Tableau 3**

Techniques applicables aux poids lourds : réduction des émissions et coûts

Technique	Niveau d'émission de NO <sub>x</sub> (%)	Surcoût de production prévu <sup>1/</sup> (dollars E.-U.)
A. Moteur diesel à turbocompresseur (EURO I)	100	0
B. Moteur diesel à turbocompresseur et à échangeur intermédiaire (EURO II)	85	1 500-3 000
C. Moteur diesel à turbocompresseur et à échangeur intermédiaire, injection de carburant à haute pression, pompe à carburant à injection électronique, optimisation de la chambre de combustion et des conduits d'admission et recyclage des gaz d'échappement	50-60	3 000-6 000
D. Adoption d'un moteur à allumage par étincelles équipé d'un pot catalytique trifonctionnel et utilisant du gaz de pétrole liquéfié, du gaz naturel comprimé ou des carburants oxygénés	10-30	jusqu'à 10 000

<sup>1/</sup> Par véhicule et selon la cylindrée du moteur, par rapport à la technique de base A. Les normes d'émissions d'oxydes d'azote peuvent avoir une incidence sur les prix des carburants et les coûts de raffinage, mais il n'en est pas tenu compte ici.

Note : L'option C nécessite l'emploi de carburant diesel à faible teneur en soufre.