



**Conseil Économique
et Social**

Distr.
GÉNÉRALE

EB.AIR/WG.5/1999/7
7 avril 1999

FRANÇAIS
Original : ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

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

Groupe de travail des stratégies
(Trentième session, 31 mai - 4 juin 1999)
Point 2 de l'ordre du jour provisoire

**TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE (NO_x)
PROVENANT DE CERTAINS VÉHICULES ROUTIERS ET NON ROUTIERS,
DES AÉRONEFS ET DES NAVIRES ***

Introduction

1. Le présent document a pour objet d'aider les Parties à la Convention à déterminer les options qui s'offrent et les mesures techniques et non techniques - y compris les instruments économiques - applicables en matière de lutte contre les émissions de NO_x pour pouvoir réduire sensiblement le niveau des émissions de polluants provenant d'un certain nombre de sources mobiles, comme le prévoit le Protocole.

*Document établi par le secrétariat à partir des observations communiquées par les Parties.

Le présent document n'a pas été officiellement édité.

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.

2. Il a été établi à partir des informations sur les options, techniques et mesures non techniques de réduction des émissions de NO_x, leur efficacité et leur coût figurant dans la documentation officielle de la CEE et de son comité des transports intérieurs, de l'Organe exécutif de la Convention et de ses organes subsidiaires, de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de l'Organisation maritime internationale (OMI), de la Commission des Communautés européennes et de l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis ainsi que des informations supplémentaires fournies par les experts désignés par les gouvernements.

3. Le présent document traite de la lutte contre les émissions de NO_x considérés comme la somme de NO (monoxyde d'azote) et de NO₂ (dioxyde d'azote) exprimée en équivalents de NO₂ et énumère un certain nombre de techniques et mesures de réduction des émissions de NO_x dont le potentiel, le coût et l'efficacité sont très variables.

4. Sauf indication contraire, il s'agit de techniques et de mesures considérées comme éprouvées qui, dans certains cas, tiennent compte des derniers progrès scientifiques réalisés dans la lutte contre la pollution atmosphérique imputable aux émissions de gaz provenant de sources mobiles et qui, d'ici à l'entrée en vigueur du protocole, deviendront pleinement opérationnelles et économiquement acceptables dans la plupart des Parties à la Convention comme le prévoient les textes législatifs et réglementaires, par exemple les règlements de la CEE, les directives de l'Union européenne, la loi relative à la lutte contre la pollution atmosphérique des États-Unis, telle que modifiée en 1990, et la loi canadienne de 1997 sur la sécurité automobile.

5. Les techniques et mesures antipollution choisies par chacune des Parties peuvent varier en fonction d'un certain nombre de facteurs - dispositions législatives et réglementaires, infrastructures de raffinage existantes, taille du parc de véhicules, etc. - mais, d'une façon générale, il faudrait que ces techniques et mesures soient appliquées de façon harmonisée dans l'ensemble de la région de la CEE, si l'on veut que les objectifs de réduction des émissions puissent être atteints.

6. Il ne faut pas perdre de vue que les sources mobiles d'émissions de NO_x sont sources également d'autres polluants, essentiellement de COV mais aussi de SO_x et de particules. Pour choisir entre les différentes options qui s'offrent, il faudrait prendre en considération l'ensemble des émissions de polluants et tenir dûment compte des interactions démontrées - comme dans le cas des émissions de NO_x et de COV des carburants - afin de parvenir à combiner de façon optimale les techniques et mesures de lutte disponibles.

7. Le présent document reflète l'état actuel des connaissances théoriques et pratiques concernant les mesures de lutte contre les émissions de NO_x. Étant donné qu'en la matière les progrès sont constants, avec notamment la mise au point de nouveaux véhicules faisant appel à des technologies antipollution et utilisant des carburants de nouvelle composition ou de remplacement, il faudra le mettre à jour et le modifier régulièrement.

PRINCIPALES SOURCES MOBILES D'ÉMISSIONS DE NO_x

8. Les principales sources mobiles d'émissions anthropiques de NO_x sont les suivantes :

a) Véhicules routiers :

- Voitures particulières;
- Véhicules utilitaires légers;
- Véhicules utilitaires lourds;
- Motocycles et cyclomoteurs;

b) Véhicules et engins non routiers :

- Tracteurs et engins agricoles et forestiers;
- Machines industrielles et engins de chantier;
- Autres engins équipés d'un moteur - tondeuses à gazon, scies à chaîne, etc.;

c) Aéronefs;

d) Bâtiments de navigation :

- Navires et autres bâtiments de mer;
- Bateaux de navigation intérieure;
- Hors-bords;

e) Locomotives.

9. Les transports routiers constituent l'une des principales sources d'émissions anthropiques de NO_x dans la région de la CEE, leur part dans le volume total de ces émissions pouvant atteindre 60 % dans certains pays et même plus dans les zones urbaines. Actuellement ce sont les véhicules à moteur diesel qui contribuent le plus aux émissions de NO_x dues à la circulation routière. Toutefois, vu le développement considérable du transport de marchandises par route, au moyen de véhicules utilitaires lourds, notamment en Europe, en 2000, dans cette partie de la région de la CEE, les émissions de NO_x imputables à la circulation des véhicules utilitaires lourds sur longues distances et à la circulation des autobus sur courtes distances auront dépassé les émissions dues à la circulation des voitures particulières, en recul constant.

10. Les émissions de NO_x provenant des véhicules et engins non routiers sont importantes; elles représentent de 10 à 20 % des émissions nationales totales dans la région de la CEE. Les moteurs diesel constituent la principale catégorie de sources.

11. D'après les estimations, les émissions de NO_x imputables aux transports maritimes et à la circulation aérienne augmentent régulièrement. Bien qu'elles soient dispersées sur de vastes espaces et dans de grands volumes d'air, ces émissions contribuent notablement aux dépôts acides et à la formation d'ozone photochimique.

12. La plupart des pays de la CEE ont adopté des règlements qui limitent les émissions de polluants provenant des sources mobiles susmentionnées, en priorité celles des véhicules routiers et non routiers. La réglementation des émissions provenant des aéronefs et des navires est le fait surtout actuellement des organisations internationales compétentes, par exemple l'OACI pour les aéronefs et l'OMI pour les navires.

13. En attendant que d'autres données soient disponibles, on se concentre dans le présent document sur les véhicules routiers, les véhicules et engins non routiers, les aéronefs et les navires en présentant un certain nombre de techniques et de mesures fondées sur des travaux scientifiques sérieux, qui sont de nature à permettre d'atteindre les objectifs fixés en matière de qualité de l'air avec un rapport coût-efficacité optimal.

VÉHICULES ROUTIERS

A. Aspects généraux des options qui s'offrent et des techniques applicables pour lutter contre les émissions de COV provenant des véhicules routiers

14. Les véhicules routiers considérés ici sont les voitures particulières, les véhicules utilitaires légers, les véhicules utilitaires lourds, les motocycles et les cyclomoteurs. Ces véhicules peuvent être équipés d'un moteur à allumage commandé ou d'un moteur à allumage par compression fonctionnant principalement à l'essence sans plomb, au carburant diesel, au gaz de pétrole liquéfié (GPL), au gaz naturel comprimé (GNC) ou aux biocarburants selon le cas.

15. Dans le présent document, qui porte à la fois sur les véhicules neufs et sur les véhicules en circulation, l'accent est mis sur quatre grandes options en matière de dépollution. La première a trait à la technologie de construction automobile, la deuxième aux propriétés des carburants, la troisième aux programmes visant à assurer la durabilité des équipements et l'entretien des véhicules, et la quatrième aux mesures non techniques comme la bonne utilisation, du point de vue économique et écologique, du réseau routier.

16. Les technologies de construction automobile qui associent convertisseurs catalytiques et moteurs à allumage commandé nécessitent l'emploi d'essence sans plomb, laquelle est largement disponible dans la plupart des pays de la CEE. En outre, la commercialisation de l'essence au plomb sera interdite au sein de l'Union européenne à compter du 1er janvier 2000 et, dans la région de la CEE, ce type d'essence sera progressivement retiré du marché d'ici à 2010.

17. L'application de technologies d'épuration en aval, par exemple les convertisseurs catalytiques, dans le cas des moteurs à allumage commandé, et les catalyseurs à oxydation, réduisant principalement les émissions de CO et de COV, la réduction catalytique sélective pour réduire les émissions de NO_x et les filtres à particules, dans le cas des moteurs diesel, nécessite uniquement l'emploi d'un carburant à faible teneur en soufre (0,05 % au maximum) pour éviter une détérioration prématurée. Ce type de carburant est disponible sur les marchés américain et canadien et dans certains pays européens. En outre, des mesures visant à réduire la teneur en soufre ont été proposées dans le cadre de directives de l'Union européenne. Il a été convenu qu'à partir de 2005, la teneur en soufre de l'essence comme du carburant diesel ne dépassera pas 0,005 %.

18. Des carburants dits de nouvelle composition - il s'agit essentiellement d'essence - ont été mis sur le marché. Les mélanges sont tels qu'en moyenne, par rapport aux carburants classiques, ils réduisent sensiblement les émissions de NO_x , de COV et de substances toxiques. Avec un carburant diesel amélioré, les véhicules en circulation peuvent émettre jusqu'à 10 % de moins de NO_x .

19. Il importe de veiller à ce que les émissions provenant des véhicules en circulation demeurent faibles et à ce que ces véhicules soient bien entretenus. On peut, pour ce faire, prendre différentes mesures : assurer la durabilité des équipements pendant toute la vie utile du véhicule, effectuer des contrôles dans des conditions de fonctionnement réel, vérifier la conformité de la production, rappeler les véhicules défectueux, garantir les équipements antiémissions et instituer des programmes d'inspection et d'entretien.

20. Les mesures non techniques influent sur l'organisation de la circulation sur route et en zone urbaine; elles peuvent protéger les zones sensibles et contribuent à renforcer les options et mesures techniques. On peut citer, notamment, la mise en place de systèmes de transport efficaces et écologiquement acceptables, l'imposition de restrictions à la circulation et l'application d'instruments économiques, essentiellement de mesures d'incitation fiscales. Selon les estimations, le potentiel de réduction maximale des mesures non techniques est, globalement, considérable, en particulier dans les zones urbaines. Ce type de mesures contribue aussi à atténuer les autres effets nocifs de l'accroissement de la circulation, tels que le bruit et les encombrements, et à améliorer la sécurité routière.

21. Le coût des techniques antiémissions, lorsqu'il est indiqué, représente le coût des différentes mesures ou équipements considérés; les frais à engager pour combiner ces mesures et équipements avec les moteurs de véhicules automobiles ne sont pas comptabilisés. Les chiffres mentionnés correspondent aux coûts de production prévus et non aux prix de vente au consommateur et ne tiennent compte ni du coût des mesures administratives et réglementaires ni des coûts sociaux. Étant donné que la même technique antiémissions peut s'attaquer simultanément à différents polluants, les coûts indiqués peuvent être imputés aussi à la réduction des émissions de substances autres que les NO_x .

22. Les rapports entre les différentes options ou techniques antiémissions et, en particulier, entre les techniques de conception des moteurs, les propriétés des carburants et les émissions d'échappement, sont complexes et peuvent obliger à faire des choix entre différents types de pollution. C'est le cas, notamment, pour l'essence : avec les mélanges enrichis, si les émissions de NO_x diminuent, celles de COV augmentent et inversement.

23. Pour surmonter ce type de problème, on fabrique des véhicules équipés d'ordinateurs leur permettant de s'adapter aux propriétés très diverses des carburants vendus sur le marché. Une brusque modification de la qualité du combustible ne doit pas avoir d'incidence sur la conduite ni sur les émissions. Les véhicules qui ne sont pas dotés de ce type d'équipement risquent d'être plus sensibles aux propriétés des carburants, d'où des répercussions sur les émissions. Les véhicules diesel, par exemple, ont tendance à avoir besoin d'un carburant plus strictement contrôlé pour fonctionner convenablement.

24. Toute une série d'options et de techniques antiémissions sont disponibles et peuvent être combinées pour réduire simultanément les émissions de différents polluants. Il faudrait, toutefois, tenir compte de leurs effets contraires démontrés et chercher à les associer de la manière la plus économique et la plus efficace possible.

B. Techniques applicables pour réduire les émissions de NO_x des véhicules routiers

Conception des moteurs des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers fonctionnant à l'essence ou au diesel

25. Les principales techniques applicables pour réduire les émissions de NO_x sont énumérées au tableau 1 (moteurs à essence) et au tableau 2 (moteurs diesel).

Tableau 1. Techniques applicables pour réduire les émissions provenant des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers à moteur à essence

Options	Niveau relatif des émissions	Coût (DM)
A. Modifications du moteur (régulation électronique, recyclage des gaz d'échappement, injection directe/multipoint, injection d'air secondaire)	500	s.o.
B. Convertisseur catalytique à trois voies et en boucle fermée plus réduction des émissions par évaporation	100	0
C. Convertisseur catalytique perfectionné (trimétallique, monté près du moteur ou plus en aval, charge catalytique plus forte, catalyseur chauffé) plus injection d'air secondaire	50-70	200-350
D. Conception à faible taux d'émission, système antiémissions intégré et informatisé (recyclage perfectionné des gaz d'échappement, mécanisme amélioré), utilisation d'essence propre avec diminution des émissions d'échappement ou par évaporation durant toute la durée de vie	20-50	200-500

Tableau 2. Techniques applicables pour réduire les émissions d'échappement des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers à moteur diesel

Options	Niveau relatif des émissions	Coût (DM)
A. Moteur à allumage par compression à injection indirecte ou chambre de turbulence et catalyseur à oxydation	100	0
B. Modifications du moteur (moteur à injection directe ou indirecte, suralimentation avec refroidissement intermédiaire, recyclage des gaz d'échappement, régulation électronique, gestion de l'injection de carburant, etc.)	70	200-500
C. Modification du moteur (option B) plus système perfectionné de recyclage des gaz d'échappement à régulation électrique ou électronique	50	200-600
D. Traitement en aval : réduction catalytique sélective au moyen d'un agent catalyseur (ou catalyseur anti-NO _x)	20-40	150-200

26. L'option technique de référence pour les moteurs à essence est l'option B, c'est-à-dire le catalyseur à trois voies en boucle fermée qui a été conçu pour satisfaire aux exigences de la loi relative à la lutte contre la pollution atmosphérique des États-Unis, telle que modifiée en 1990, et de la Directive européenne 70/220/EEC, telle que modifiée en 1994, et qui est conforme également au Règlement No 83 (série 02) de la CEE.
27. En ce qui concerne les modifications du moteur, l'injection centrale et l'injection multipoint, qui assurent une répartition optimale du mélange air-carburant entre les cylindres, constituent les systèmes d'alimentation classiques pour réduire les émissions, tandis que le recyclage des gaz d'échappement limite la formation de NO_x , d'où une diminution des émissions "à la sortie du moteur", c'est-à-dire avant toute action catalytique.
28. Les principaux paramètres de fonctionnement du convertisseur catalytique sont la mise en température et le temps d'amorçage. La mise en température peut s'effectuer plus ou moins rapidement selon le type de métal précieux utilisé et sa concentration, le rapport des concentrations des métaux précieux et l'emplacement du convertisseur catalytique sur un monolithe en avant ou en arrière. Pour les plus perfectionnés des convertisseurs catalytiques trimétalliques sur support en céramique, le rapport des concentrations des métaux utilisés, à savoir le plomb, le palladium et le rhodium, est normalement le suivant : 1:25:1. L'installation d'un convertisseur catalytique d'amorçage en plus du convertisseur catalytique principal et l'injection d'air secondaire peuvent contribuer de façon non négligeable à réduire le délai d'amorçage du convertisseur catalytique. La question qui se pose chaque fois que l'on étudie les moyens d'accélérer l'amorçage est celle de la durabilité.
29. Pour les moteurs diesel, l'injection indirecte avec chambre de turbulence représente la technologie la plus courante.
30. Un autre type de moteur - le moteur à injection directe dans la chambre de combustion - est souvent associé à l'utilisation d'un turbocompresseur à refroidisseur intermédiaire et de dispositifs antiémissions supplémentaires - recyclage des gaz d'échappement, pompe d'injection, catalyseur à oxydation, etc.
31. Dans les moteurs diesel, les températures des gaz d'échappement sont moins élevées que dans les moteurs à essence, ce qui retarde l'amorçage du convertisseur catalytique et réduit son efficacité, en particulier en cas de démarrage à froid en cycle urbain.
32. Pour pouvoir respecter les futurs règlements imposant de nouvelles réductions des émissions de NO_x au-delà de 2000 et de 2005, on aura besoin de technologies antiémissions plus poussées, avec, notamment, pour les véhicules à moteur à essence, des systèmes d'injection perfectionnés, un convertisseur catalytique monté près du moteur ou plus en aval, avec revêtements différents et une plus forte charge catalytique, et, pour les véhicules à moteur diesel, des filtres à particules, des convertisseurs catalytiques anti- NO_x , une réduction catalytique sélective et une régulation électronique du moteur.

Conception des moteurs des véhicules utilitaires lourds fonctionnant au diesel

33. Les options techniques qui s'offrent pour réduire les émissions sont récapitulées au tableau 3. Le turbocompresseur à refroidisseur intermédiaire, qui assure un rendement élevé et une faible consommation de carburant, est une technique couramment utilisée pour tous les moteurs diesel à puissance nominale élevée. L'option A représente donc la configuration de base. En outre, la plupart des véhicules utilitaires lourds sont équipés de moteurs diesel à injection directe.

Tableau 3. Techniques antiémissions applicables aux véhicules utilitaires lourds et efficacité et coût de ces techniques

Options	Niveau relatif des émissions	Coût (DM)
A. Moteur à allumage par compression à injection directe équipé d'un turbocompresseur à refroidisseur intermédiaire	100	0
B. Moteur à allumage par compression équipé d'un turbocompresseur à refroidisseur intermédiaire, injection du carburant à forte pression, pompe à carburant à régulation électronique, optimisation de la chambre de combustion et du conduit d'admission et recyclage des gaz d'échappement	40-80	500-3 000
C. Moteur à allumage commandé équipé d'un convertisseur catalytique à trois voies, fonctionnant avec du GPL ou des carburants oxygénés, ou moteur à allumage par compression fonctionnant au GNC, équipé d'un catalyseur à trois voies	20-40	20 000-25 000 (écus)
D. Traitement en aval pour les moteurs diesel : réduction catalytique sélective au moyen d'un agent catalyseur (ou catalyseur anti-NO _x)	40	150-200

34. Il est possible de doter les parcs de véhicules lourds, comme les autobus urbains, d'équipements leur permettant d'utiliser un carburant de remplacement tel que le gaz d'origine fossile (gaz naturel comprimé) ou les biocarburants. Le coût de cette modification est élevé mais il peut être compensé par une réduction substantielle des émissions de polluants, laquelle peut atteindre 90 % pour les NO_x, les hydrocarbures et le CO.

35. Le coût des techniques antiémissions applicables aux véhicules utilitaires lourds est supérieur à celui des techniques correspondantes pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers mais si l'on tient compte du volume de polluants émis et du kilométrage, ces coûts sont comparables.

36. Pour développer plus avant les techniques antiémissions applicables aux véhicules utilitaires lourds, on a tendance à se tourner vers les systèmes d'injection à haute pression et à faire appel à l'électronique ainsi qu'à la réduction catalytique sélective poussée.

Motocycles et cyclomoteurs

37. Bien que les émissions de NO_x des motocycles et des cyclomoteurs soient en fait très faibles (par exemple dans le cas des moteurs à deux temps), elles ne sont toutefois pas à négliger. Alors que les émissions de COV de ces véhicules sont en passe d'être limitées par de nombreuses Parties à la Convention, leurs émissions de NO_x risquent d'augmenter (par exemple avec les moteurs à quatre temps). Les solutions techniques applicables sont généralement les mêmes que pour les voitures particulières à essence.

Carburants plus propres ou de nouvelle composition

38. La qualité du carburant peut avoir un impact important sur les émissions, eu égard, en particulier, à l'utilisation de convertisseurs catalytiques. Les valeurs de certains paramètres des carburants plus propres ou de nouvelle composition diffèrent de celles des carburants classiques tout en restant dans la même gamme. Dans le cas de l'essence, les différences concernent la teneur en soufre, l'intervalle de distillation moyen (E-100) et la teneur en composés aromatiques; pour le carburant diesel, les différences concernent la teneur en soufre, l'indice de cétane, la teneur en hydrocarbures polyaromatiques et le résidu (T95). Les valeurs de quelques-uns des paramètres caractéristiques des carburants de nouvelle composition sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4. Valeurs de quelques-uns des paramètres caractéristiques des carburants de nouvelle composition

Paramètre	États-Unis		Union européenne 2/	
	Essence de nouvelle composition Phase I	Carburant oxygéné (2,7 % d'oxygène en poids)	Essence	Diesel
Pression de vapeur (RVP) 1/	7,2/8,1-S (8,7-S) 3/	8,7-S		
Composés aromatiques (vol. %)	23,4 (28,6)	25,8	42/35 (40)	
Benzène (vol. %)	1,0-1,3 (1,6)	1,6	1,0 (2,3)	
Soufre	302 ppm (338)	313 ppm	150/50 mg/kg (300 ppm)	350/50 mg/kg (450 ppm)
Plomb			0,013 g/l 4/	

1/ Pression de vapeur Reid.

2/ .../... après le 1er janvier 2000 et à compter de 2005.

3/ Valeur du paramètre du carburant classique ou de référence.

4/ Dans la Communauté européenne, à compter du 1er janvier 2000, la commercialisation de l'essence au plomb sera interdite, la part de l'essence au plomb dans les ventes totales d'essence ne devant pas dépasser 0,5 %, et, dans la région de la CEE, ce type d'essence sera progressivement retiré du marché d'ici à 2010.

39. L'essence de nouvelle composition vise avant tout à réduire les émissions de COV mais elle contribue aussi, dans une moindre mesure, à réduire les émissions de NO_x et de CO. Elle permet de réduire de 15 à 17 % à la fois les émissions de COV ozonogènes et les émissions toxiques des véhicules à moteur, entraînant aussi une diminution, plus limitée, des émissions de NO_x.

40. En général, en réduisant la teneur en soufre de l'essence, on diminue les émissions de COV, de CO et de NO_x, surtout si le véhicule est équipé d'un convertisseur catalytique chauffé, et, en réduisant la teneur en composés aromatiques, on limite les émissions de benzène, de COV et de CO, mais on augmente celles de NO_x, car le rendement de conversion des NO_x du convertisseur catalytique est moindre avec des carburants à faible teneur en composés aromatiques.

41. Il est possible d'améliorer le carburant diesel en éliminant le soufre, en optimisant sa densité et en réduisant sa teneur en composés aromatiques tout en lui conservant un indice de cétane élevé. L'emploi d'un carburant diesel à faible teneur en composés aromatiques permet de diminuer les émissions de NO_x des véhicules diesel en circulation. Si certaines formules sont directement utilisables avec les véhicules existants, d'autres nécessitent des moteurs adaptés.

42. Le prix actualisé des carburants plus propres ou de nouvelle composition est de 0,011 écu/l pour l'essence et de 0,013 écu/l pour le diesel. Pour améliorer les caractéristiques des carburants, ce qui coûte le plus cher ce sont les travaux de rééquipement des raffineries, ceux-ci absorbant 60 % des dépenses totales à engager pour mettre sur le marché des carburants moins polluants.

C. Contrôle du fonctionnement des véhicules en circulation

Inspection et entretien

43. En général, les émissions de polluants augmentent avec l'âge du véhicule. Si l'on veut que les systèmes antiémissions fonctionnent durablement et que les véhicules respectent les limites d'émission pendant toute leur vie utile, il est nécessaire de mettre en place des programmes de surveillance obligeant les constructeurs à rappeler les véhicules qui ne répondent pas aux normes prescrites. Pour que le propriétaire du véhicule n'ait pas à pâtir de problèmes liés à la production, les constructeurs devraient garantir les équipements antiémissions.

44. Un nombre relativement restreint de véhicules très mal entretenus est responsable de l'essentiel de la pollution imputable aux véhicules routiers. Il est donc important de mettre sur pied des programmes visant à assurer la durabilité des équipements et l'entretien des véhicules (programmes d'inspection et d'entretien). Ces programmes, qui consistent à vérifier que les véhicules sont équipés de systèmes antiémissions en bon état et qu'en roulant ils ne dépassent pas les limites d'émission, peuvent contribuer à réduire les émissions de polluants. S'ils sont bien conçus et bien appliqués, ils permettent de repérer plus facilement les véhicules qui polluent beaucoup en vue de les faire réparer.

45. Il ne devrait pas être possible, et ce, quelles que soient les conditions d'utilisation, de réduire l'efficacité ou de désactiver les systèmes antiémissions embarqués, sauf lorsque c'est indispensable pour une conduite sans problème (démarrage à froid par exemple). Il faut veiller à ce que les systèmes antiémissions fonctionnent correctement dans toutes les situations que l'on peut rencontrer dans la pratique. Ainsi, les États-Unis et le Canada ne limitent que les émissions de CO tandis que l'Union européenne applique pour le démarrage à froid une norme limitant expressément les émissions de CO et HC.

46. Les programmes d'inspection et d'entretien qui complètent les programmes de surveillance devraient imposer l'utilisation de moteurs et de systèmes antiémissions plus robustes. Ils devraient, par différents moyens - mesures contraignantes, instruments économiques et information - dissuader les propriétaires de véhicules de dérégler ou de neutraliser les équipements antiémissions.

47. Il faudrait, dans le cadre des programmes d'inspection, vérifier que les équipements antiémissions fonctionnent aussi bien qu'à l'origine et que le rythme auquel les émissions de polluants augmentent, c'est-à-dire leur degré de détérioration, est en rapport avec l'âge du véhicule et le régime d'inspection et d'entretien en vigueur. En général, plus le régime d'inspection et d'entretien est sévère, plus ces effets sont faibles.

48. Différents régimes d'inspection et d'entretien sont présentés dans le tableau 5. Ils correspondent aux pratiques observées actuellement en Europe, aux États-Unis et au Canada. Il faudrait envisager au minimum l'application des règlements relatifs aux contrôles techniques périodiques des véhicules à roues (véhicules utilitaires et véhicules de grande capacité pour le transport des voyageurs) en circulation internationale établis dans le cadre de l'Accord concernant l'adoption de conditions uniformes applicables aux contrôles techniques périodiques des véhicules à roues et la reconnaissance réciproque des contrôles adopté à Vienne le 13 novembre 1997.

Tableau 5. Options/régimes types en matière d'inspection et d'entretien des véhicules en circulation en Europe et en Amérique du Nord

A.	Programmes visant à vérifier la conformité des véhicules en circulation
1)	Conformité de la production
2)	Respect des normes à l'usage
B.	Contrôles techniques périodiques (émissions + sécurité)
1)	Conditions uniformes applicables aux contrôles techniques périodiques des véhicules à roues (ECE/RCCTE/CONF./4)
2)	Mesures des émissions effectuées à distance en bordure de route
3)	Contrôles techniques comprenant un cycle d'essai amélioré de courte durée en conditions transitoires ou mesures des émissions provenant des véhicules effectuées à distance en bordure de route
4)	Vérification du système d'autodiagnostic embarqué

49. Les programmes d'inspection et d'entretien peuvent être profitables, quel que soit le type de technologie antipollution retenu, car ils visent à faire en sorte que le niveau des émissions des véhicules en circulation soit aussi proche que possible de celui des véhicules neufs. Les frais de réparation supplémentaires découlant de l'application de ces programmes peuvent être compensés par une moindre consommation de carburant.

50. Le système d'autodiagnostic a pour objet de veiller au bon fonctionnement des équipements antiémissions pendant la durée de vie du véhicule en surveillant les composants et les systèmes correspondants de façon à signaler toute détérioration ou tout dysfonctionnement au conducteur, qui pourra ainsi faire faire les réparations nécessaires. D'après les calculs qui ont été effectués, en Europe son coût non actualisé peut atteindre 100 écus par véhicule.

Mesures non techniques

51. Parmi les mesures non techniques qui peuvent être prises à l'égard de la circulation sur route, figure l'adoption de différents règlements visant à promouvoir une diminution de la part relative des transports routiers (transport de passagers et transport de marchandises) au profit de modes de transport ménageant davantage l'environnement comme les transports par chemin de fer, les transports maritimes, les transports par voies d'eau intérieures et le transport combiné, grâce à des mesures tactiques, structurelles, financières et restrictives. On peut, par des dispositions réglementaires restrictives et des mesures d'incitation, obtenir que l'on utilise des véhicules et des carburants moins polluants, restreindre la circulation et/ou en diminuer le volume et instituer des péages routiers et des taxes de voirie, en particulier dans les zones écologiquement sensibles.

52. En ce qui concerne la circulation urbaine, les mesures non techniques visent à mieux combiner l'aménagement de l'espace et la planification des transports, en mettant progressivement sur le marché des véhicules et des carburants plus propres et en favorisant une forme de mobilité respectueuse de l'environnement, afin d'assurer une utilisation optimale de la voirie et de protéger l'environnement. On peut citer notamment les mesures consistant à restreindre la circulation et à infléchir les modes de déplacement individuels, par exemple, la réglementation du stationnement, la création de parcs de stationnement relais visant à encourager les navetteurs à utiliser les transports publics et les limitations de vitesse, la mise sur le marché de véhicules très peu polluants pour les livraisons, les parcs de voitures de société et les services d'autobus publics et de taxis, la limitation de l'accès aux quartiers sensibles et la création de zones piétonnes et de pistes cyclables.

53. Parmi les mesures non techniques, certaines sont de nature économique. C'est le cas des péages routiers en général, des subventions accordées aux transports publics, des taxes sur les ventes de véhicules, des taxes sur les carburants et des subventions pour la mise à la casse.

54. Les mesures non techniques, qui ne sont pas traitées dans le présent document, seront définies progressivement dans le cadre du Programme commun d'action adopté par la Conférence régionale sur les transports et l'environnement, qui s'est tenue à Vienne du 12 au 14 novembre 1997 ¹.

TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE PROVENANT DE SOURCES MOBILES AUTRES QUE LES VÉHICULES ROUTIERS

I. VÉHICULES ET ENGINs NON ROUTIERS ET NAVIRES

A. Aspects généraux des techniques de lutte applicables aux véhicules et engins non routiers

55. La présente section vise tous les engins mobiles ou portables à l'exclusion des voitures particulières, des véhicules utilitaires légers, des véhicules utilitaires lourds, des motocycles et des cyclomoteurs. Les émissions provenant des navires et des aéronefs feront l'objet des sections ci-après. On entend par véhicules et engins non routiers les tracteurs agricoles et forestiers, les engins de chantier, les tondeuses à gazon, les scies à chaîne, etc.

56. Les émissions de NO_x provenant des véhicules et engins non routiers sont importantes et représentent 10 à 20 % des totaux nationaux dans la région de la CEE. Les moteurs diesel sont la catégorie de source la plus importante. La proportion des émissions provenant des véhicules et engins non routiers augmentera à mesure que les émissions provenant des véhicules routiers et des sources fixes diminueront.

57. Évaluer les taux d'émission de certaines sources non routières peut prendre beaucoup de temps si l'on ne dispose pas des informations requises pour en faire l'inventaire. Pour les engins, on trouve sur le marché toute une variété de moteurs à combustion. Il existe (aux États-Unis et en Suisse notamment) des listes préliminaires des facteurs d'émission correspondant à ces moteurs.

58. Des progrès notables ont été réalisés dans la conception des moteurs diesel et dans la technologie des carburants et les techniques d'épuration en aval et il est désormais possible de réduire les émissions de NO_x provenant des véhicules et engins non routiers pour un coût raisonnable. La plupart des mesures de réduction des émissions dont l'efficacité a déjà été démontrée pour les moteurs de véhicules routiers sont applicables aux véhicules et engins non routiers. Ces mesures sont décrites plus haut aux paragraphes 14 à 53.

59. Si les émissions de NO_x sont réduites par les techniques appliquées aux moteurs, il existe un risque d'accroissement des émissions de particules. On peut y remédier par l'installation de filtres à particules. Les dispositifs modernes peuvent réduire la masse particulaire de plus de 90 % et le nombre de particules de plus de 99 %.

60. Il importe de veiller à ce que les normes d'émission pour les moteurs neufs continuent d'être respectées 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

des véhicules, en garantissant les équipements antiémissions et en rappelant les véhicules et les engins défectueux.

61. Les programmes de mise en application et les programmes d'entretien et d'inspection des véhicules et des engins non routiers seront plus difficiles à mettre en oeuvre que ceux qui concernent les véhicules routiers.

62. Les incitations fiscales et financières favoriseront la diffusion des techniques antipollution.

63. Quelles que soient les mesures prises pour réduire la consommation de carburant ou améliorer le rendement global - poids réduit, moindre résistance de l'air ou moindre résistance hydrodynamique, etc. -, il en résultera aussi une diminution des émissions.

64. Il est souvent plus facile d'installer des dispositifs de réduction des émissions sur les véhicules et engins non routiers car ceux-ci sont soumis à moins de restrictions en matière d'encombrement et de poids.

B. Techniques de réduction des émissions de NO_x provenant des véhicules et engins non routiers

65. Les options technologiques les plus récentes pour les moteurs diesel des véhicules et engins non routiers sont les suivantes : conception améliorée de la chambre de combustion, recyclage des gaz d'échappement, gestion électronique du moteur, systèmes d'injection améliorés, turbocompression avec refroidissement intermédiaire, réduction catalytique sélective, filtres à particules, injection d'air humidifié, injection d'eau, cycle turbocompound, carburant émulsionné, etc. L'application des meilleures techniques disponibles sans traitement des gaz d'échappement ne permet pas de ramener à moins de 3,5 g NO_x/kWh et 0,05 g particule/kWh les émissions des moteurs diesel. Des réductions plus poussées exigent des dispositifs de traitement en aval ou des carburants de remplacement.

66. De nombreux carburants de remplacement utilisables par les moteurs diesel ont été proposés et étudiés : méthanol, éthanol, huiles végétales, gaz naturel comprimé, gaz de pétrole liquéfié (GPL) et oxyde de méthyle. C'est avec ce dernier que l'on obtient les taux d'émission les plus bas pour les NO_x et les matières particulaires.

67. Les carburants diesel à reformulation poussée comme le carburant suédois de classe I réduisent les émissions de NO_x dans des proportions modestes, de l'ordre de 5 à 10 %.

68. Selon les estimations obtenues auprès d'organisations internationales, les dépenses d'investissement supplémentaires nécessaires à la mise au point de nouveaux moteurs dont les émissions ne dépassent pas les limites des phases I et II sont de 1 400 et 2 600 écus pour une tonne de polluants réduits (dont les deux tiers sont constitués de rejets de NO_x). Les prix de détail pourraient augmenter de 3 et 8 % pour les phases I et II respectivement. De façon générale, les coûts marginaux associés à la conception de moteurs propres sont inversement proportionnels à la taille du moteur.

69. Plusieurs technologies de traitement en aval, telles que les convertisseurs catalytiques et les filtres à particules, conviennent également à la remise à niveau des engins en service.

C. Aspects généraux des techniques de lutte contre les émissions de NO_x provenant des navires

70. Selon les estimations, les émissions de NO_x imputables aux activités maritimes augmentent constamment et, pour le seul Atlantique Nord-Est, elles sont comparables aux émissions nationales totales de quelques grands pays. Les émissions dues à la navigation intérieure sont également importantes dans certains pays. Bien qu'elles soient dispersées sur de grandes surfaces, les émissions provenant du trafic maritime contribuent notablement aux dépôts acides. Des études nationales et internationales ont clairement montré les avantages d'une réduction des sources maritimes de NO_x relativement aux autres grandes catégories de sources de NO_x.

71. L'origine géographique des émissions des navires (par rapport aux zones sensibles) et leur contribution à l'acidification du fait de la pollution atmosphérique à longue distance et au niveau local doivent être prises en considération pour délimiter les zones à réglementer.

72. Ce sont les navires à moteurs diesel sans système de dépollution qui génèrent les émissions de NO_x les plus élevées par unité d'énergie consommée. Si des mesures antipollution ne sont pas appliquées aux navires, on assistera à une augmentation de leur importance relative dans les inventaires des émissions de NO_x à mesure que les émissions provenant de sources terrestres seront réduites.

73. Réduire la teneur en soufre du fioul utilisé par les navires pourrait présenter deux avantages. Le premier serait d'atténuer l'effet direct du soufre pour ce qui est de l'acidification. Le second serait de permettre l'utilisation de moteurs plus propres, plus respectueux de l'environnement, et de faciliter la réduction des NO_x par une épuration en aval.

74. En raison de la durée de vie longue des moteurs de navires, les émissions maritimes de NO_x ne diminueraient que de 1 % par an si les mesures visant à réduire les émissions de NO_x de 30 %, proposées par l'OMI à l'annexe VI de MARPOL, étaient appliquées uniquement aux moteurs neufs. Afin d'accélérer la réduction des émissions, les mesures antipollution devraient aussi s'appliquer aux moteurs en service.

75. Les incitations fiscales et financières favorisent et continueront de favoriser la diffusion des techniques antipollution.

D. Techniques de réduction des émissions de NO_x provenant des navires

76. Les techniques retenues pour réduire les émissions de NO_x provenant des moteurs diesel des navires d'une puissance supérieure à 130 kW sont indiquées au tableau 6. Il s'agit de mesures primaires, de mesures d'épuration en aval et de mesures relatives à la technologie des carburants, qui sont applicables aux moteurs existants et aux nouveaux moteurs. Les principales données concernant la réduction catalytique sélective pour les moteurs de navires sont indiquées au tableau 7.

Tableau 6. Évaluation de quelques techniques de réduction des émissions de NO_x des navires à moteur diesel ^{a/}

Mesures	Réduction des NO _x	Remarques	Applicables aux moteurs déjà en service ?	Disponibilité
Mesures internes (injection, chambre de turbulence, etc.)	30 - 40 %	Possible augmentation de la consommation spécifique de carburant et de la production de fumée	Oui, sous condition	Technique très récente
Système d'injection directe à rampe haute pression	Jusqu'à 30 %		Non	Disponible
Carburant émulsionné ou émulsion huile-eau	30 %	Réduction visible de la fumée	Oui, mais réduction de puissance	Disponible
Recyclage des gaz d'échappement	10 - 40 %	Légère augmentation de la consommation spécifique	Oui, sous condition	Disponible
Injection d'eau directe	25 - 50 %	Exige de l'eau propre, augmentation de la consommation de carburant	Non	Disponible
Prise d'air humidifié	55 - 75 %	L'eau de mer peut être utilisée	Oui	En cours de mise au point et essais d'exploitation
Réduction catalytique sélective	90 - 98 %	Diminue aussi les hydrocarbures et les particules, pas d'augmentation de la consommation de carburant	Oui	Technique très récente

^{a/} Ces mesures sont également applicables à d'autres moteurs diesel équipant des véhicules et engins non routiers.

Tableau 7. Réduction catalytique sélective combinée à l'oxydation catalytique pour les moteurs de navires - Principales données (1998)

Réduction des NO _x	95-99 % à 10-100 % de la puissance nominale maximale continue (MCR)
Réduction des HC	75-95 % à 10-100 % de la MCR
Réduction de CO	20-50 % à 10- 50 % de la MCR
Réduction des particules	0-50 % à 10-100 % de la MCR
Réduction du bruit	>25 dB(A)
NH ₃	< 5 ppmv pour 95 % de réduction des NO _x
Intervalle de température	270-500 °C (200 °C)
Carburant	Fioul de densité moyenne, fioul lourd (de préférence à faible teneur en soufre 0,5-1,0 %)
Poids	Silencieux + 30 %
Encombrement	Inférieur ou égal à celui d'un silencieux (30 dB(A)) Peut remplacer le silencieux
Consommation d'urée	6 kg/MWh, pour 10 g de NO _x /kWh et 90 % de réduction des NO _x
Solution d'urée	15 litres/MWh, en solution à 40 %
Durée de vie normale	20 000-40 000 h, avant remplacement d'une couche catalytique, selon la qualité du carburant

Note : Plusieurs méthodes peuvent être utilisées en parallèle pour obtenir la solution offrant le meilleur rapport coût-efficacité : si l'on associe un moteur émettant peu de NO_x et une réduction catalytique sélective, il est moins nécessaire de mettre en oeuvre des procédés de réduction des NO_x.

77. Il n'y a pas de solution universelle. La technique appropriée doit être choisie selon chaque cas.

78. Les émissions de NO_x des petits moteurs à essence (comme les moteurs de hors-bord) sont moins importantes que celles des moteurs diesel mais devraient augmenter avec le remplacement des moteurs à deux temps par des moteurs à quatre temps pour réduire les émissions de composés organiques volatils (COV). Cette question sera traitée dans le cadre de la prochaine directive de l'UE sur les moteurs des embarcations de plaisance.

79. Les applications des turbines à gaz pour la propulsion se multiplient. Les problèmes d'émission de NO_x doivent être abordés au stade de la conception.

II. AÉRONEFS

A. Aspects généraux des techniques de lutte contre les émissions de NO_x provenant des aéronefs

80. La présente section vise tous les moteurs d'aéronefs.

81. Les limites relatives aux émissions d'oxydes d'azote des moteurs d'aéronefs, prévues à l'annexe 16 (II) de la Convention de Chicago sur l'aviation civile internationale telle qu'elle pourra être modifiée ultérieurement, peuvent être appliquées pour réduire les émissions de NO_x des turboréacteurs et des réacteurs à turbosoufflante à l'atterrissage et au décollage dans le cadre des Protocoles à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance.

82. Pour l'instant, la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance ne tient compte que des émissions produites à l'atterrissage et au décollage pour l'établissement des inventaires des émissions nationales totales. Les émissions produites en phase de croisière au cours des vols intérieurs peuvent aussi être considérées comme faisant partie des émissions nationales totales. Ces émissions peuvent être plus nocives. Toutefois, les coefficients d'émission de la phase de croisière sont moins bien connus que ceux de l'atterrissage et du décollage. L'OACI a entrepris d'étudier de nouveaux paramètres à prendre en compte dans le cadre de la lutte contre les émissions, parmi lesquels figureraient les émissions en phase de croisière.

83. Les aéronefs à turbopropulseur et tous les aéronefs dont les moteurs ont une poussée inférieure à 26,7 kW sont pris en compte aux fins des inventaires des émissions mais ne sont pas encore soumis à une réglementation internationale. Si l'on décide de les réglementer, il ne faudra pas oublier que la durée de vie d'un aéronef étant d'une trentaine d'années, les nouvelles technologies ne pénètrent que lentement. Une remise à niveau devrait donc être envisagée au moment du changement des moteurs.

84. L'imposition de taxes liées aux émissions, par exemple d'une redevance de route ou d'une redevance sur les carburants, qui incitent à adopter des techniques antipollution, est à l'étude actuellement au sein de l'OACI.

85. Il est également possible de réduire la consommation de carburant et donc les émissions grâce à des améliorations au niveau de l'exploitation - par exemple, itinéraires plus directs et recours aux systèmes de

communication, de navigation et de surveillance et gestion du trafic aérien (CNS/ATM).

B. Techniques de réduction des émissions de NO_x provenant des aéronefs

86. Les techniques les plus récentes de réduction des émissions des moteurs d'aéronefs comprennent l'optimisation du réglage du mélange carburant-air pour les types de moteurs existants (pouvant réduire les émissions de 10 à 20 %) et la combustion en deux étapes pour certains nouveaux types de moteurs d'aéronefs subsoniques à poussée moyenne à forte (pouvant réduire les émissions de 30 à 40 %), qui commencent à être mis en service.

87. D'autres modes de combustion - mélange pauvre/prémélangé/prévaporisé et mélange riche/forte turbulence/mélange pauvre - sont étudiés en vue de leur application à une deuxième génération de moteurs d'aéronefs supersoniques. L'objectif est de parvenir en phase de croisière, à 5 g de NO_x par kg de carburant brûlé, ce qui correspond à une réduction d'au moins 80 % des NO_x par rapport à un mode de combustion classique. Cependant, ces moteurs ne seront sans doute pas mis en service avant 2006 au plus tôt.

Note

1.Voir document ECE/RCTE/CONF./3/FINAL.