

Stratégies de réduction des gaz à effet de serre émanant du transport routier : Méthodes d'analyse



OCDE



© OCDE, 2002.

© Logiciel, 1987-1996, Acrobat, marque déposée d'ADOBE.

Tous droits du producteur et du propriétaire de ce produit sont réservés. L'OCDE autorise la reproduction d'un seul exemplaire de ce programme pour usage personnel et non commercial uniquement. Sauf autorisation, la duplication, la location, le prêt, l'utilisation de ce produit pour exécution publique sont interdits. Ce programme, les données y afférentes et d'autres éléments doivent donc être traités comme toute autre documentation sur laquelle s'exerce la protection par le droit d'auteur.

Les demandes sont à adresser au :

Chef du Service des Publications,
Service des Publications de l'OCDE,
2, rue André-Pascal,
75775 Paris Cedex 16, France.

Stratégies de réduction des gaz à effet de serre émanant du transport routier : Méthodes d'analyse



ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays Membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus Membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

Also available in English under the title:

**Strategies to Reduce Greenhouse Gas Emissions
from Road Transport: Analytical Methods**

© OCDE 2002

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, tél. (33-1) 44 07 47 70, fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : www.copyright.com. Toute autre demande d'autorisation de reproduction ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

AVANT-PROPOS

La mission du Programme de recherche en matière de transports routiers et liaisons intermodales (RTR) est de promouvoir le développement économique dans les pays de l'OCDE en améliorant la sécurité, l'efficacité et la durabilité du transport grâce à un programme de recherche en coopération sur les transports routiers et intermodaux. Pour parvenir à cet objectif, le Programme recommande des options pour l'élaboration et la mise en œuvre de politiques efficaces de transport dans les pays Membres de l'OCDE et favorise les activités d'ouverture pour les pays non membres. L'ensemble des 30 pays Membres participe au Programme.

Le Programme de travail 1998-2000 comportait un Groupe de travail sur les méthodes d'analyse des stratégies du secteur du transport routier pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Le Groupe de travail a été présidé par M. Jean Delsey (INRETS, France) et les pays suivants ont participé à l'étude : Australie, Canada, Corée, Danemark, États-Unis, France, Hongrie, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, République tchèque, Royaume-Uni et Suisse.

Le Groupe de travail a étudié les tendances récentes en termes d'émissions de CO₂ dues au transport routier et a examiné les modèles mis au point par les pays de l'OCDE pour prévoir les émissions de gaz à effet de serre émanant du transport routier. En outre, le Groupe de travail a analysé les modèles utilisés pour évaluer les options politiques visant à réduire les émissions de CO₂ et fournir des indications sur l'évolution à attendre.

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

N° ITRD F 100345

Le secteur des transports est à l'origine d'environ 27 % des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) des pays de l'OCDE dont 80 % proviennent des transports routiers. Le Programme de recherche en matière de transports routiers et liaisons intermodales de l'OCDE a constitué un Groupe de travail ayant pour mission de réaliser une étude approfondie sur les émissions de CO₂ des transports routiers et de produire un cadre pertinent d'évaluation des stratégies de réduction de ces émissions.

Le Protocole de Kyoto fixe comme objectif aux pays de l'Annexe I (pays industrialisés et économies en transition) une réduction moyenne de 5.2 % par rapport au niveau de 1990 des émissions agrégées de gaz à effet de serre d'ici 2008-2012. Eu égard aux évolutions récentes en matière de croissance des transports, une réduction importante des émissions de CO₂ du secteur des transports routiers dans les pays de l'OCDE pour contribuer de manière proportionnelle aux réductions globales de CO₂, dans ce laps de temps, constitue une véritable gageure.

Toutefois, certaines mesures peuvent favoriser une réduction de la part des transports routiers dans les émissions de gaz à effet de serre. Les approches les plus efficaces en matière de réduction des émissions de GES imputables aux voitures particulières et aux transports routiers devraient faire appel à une combinaison de mesures telles que : engagement volontaire des constructeurs automobiles auprès des pouvoirs publics de produire des véhicules économes en carburant, taxes sur les véhicules, taxes sur les carburants et taxes d'accise modulées en fonction des émissions de CO₂, information des consommateurs et promotion d'une meilleure efficacité énergétique dans les divers secteurs intéressés.

Domaines : Environnement, planification des routes et transports.

N° de domaine : 15, 21.

Mots clés : Carburants, consommation de carburant, dioxyde de carbone, émissions de gaz à effet de serre, environnement, évaluation, gaz, pollution atmosphérique, régulation de la circulation, restrictions de circulation, taxes, trafic, transports, véhicules.

TABLE DES MATIÈRES

Note de synthèse	7
Methodologie et objectifs du rapport.....	7
Conclusions et recommandations	9
Croissance récente des émissions de CO ₂ dues aux transports routiers.....	9
Politiques et mesures de réduction des émissions de CO ₂ générées par les transports routiers.....	9
Méthodes d'évaluation et de modélisation.....	10
Projections d'évolutions.....	11
Recommandations.....	12
<i>Chapitre 1. Introduction</i>	13
Cadre de l'étude.....	13
Émissions de gaz à effet de serre issues des transports.....	13
Choix du cadre temporel.....	14
Méthode de travail et objectifs.....	15
Structure et teneur du rapport.....	15
<i>Chapitre 2. Évolutions récentes des émissions de CO₂ dues aux transports routiers</i>	17
Introduction.....	17
Polluants locaux et globaux issus des transports routiers.....	17
Types de véhicules routiers.....	19
Évolution des émissions de CO ₂ dues à la combustion d'énergie.....	21
Part des transports dans les émissions nationales de CO ₂	25
Conclusions.....	29
Références.....	30
<i>Chapitre 3. Politiques et mesures de réduction des émissions de CO₂ dues aux transports routiers</i>	31
Actions internationales de réduction des émissions de gaz à effet de serre.....	31
Catalogue des mesures en vigueur.....	33
Combinaisons de mesures.....	38
Conclusions.....	38
Références.....	39
<i>Chapitre 4. Méthodes d'évaluation et de modélisation : un cadre d'analyse</i>	41
Cadre d'évaluation de l'impact des mesures de réduction du CO ₂	41
Méthodes d'évaluation.....	47
Méthode de modélisation.....	56
Conclusions.....	58
Notes.....	58
Références.....	59
<i>Chapitre 5. Perspectives en matière d'émissions de CO₂ et d'améliorations technologiques</i>	61
Politiques de réduction des émissions de CO ₂	61
Paramètres influant sur les émissions de CO ₂ des voitures particulières.....	61
Projections d'évolutions dans le transport de marchandises.....	64
Conclusions : projections d'évolutions des émissions de CO ₂	65

Références	69
Annexe A. liste des participants.....	71
Appendice A. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	72
Appendice B. Émissions de CO ₂ dues aux transports routiers (mt CO ₂)	74

Encadré

1. Comparaison des méthodologies d'évaluation mises en œuvre au Canada et au Japon.....	57
---	----

Tableaux

1. Immatriculations des voitures particulières neuves, 1998, 1999 et 2000.....	20
2. Immatriculations de véhicules utilitaires neufs en 1998, 1999 et 2000	20
3. Émissions mondiales de CO ₂ dues à la combustion d'énergie en 1990 et 1999	23
4. Coefficient d'émission de quelques types de carburants.....	25
5. Émissions de CO ₂ dues aux transports routiers.....	28
6. Mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique des véhicules	35
7. Documents programmatiques sur les stratégies de lutte contre le changement climatique	39
8. Cadre d'évaluation des stratégies de transport.....	46
9. Puissance moyenne des voitures particulières neuves dans quatre pays d'Europe.....	63
10. Automobiles en circulation et distance annuelle moyenne parcourue – France	63
11. Taux de motorisation pour 1 000 habitants.....	64
12. Prévision de la croissance des émissions de CO ₂ et de la part des émissions de CO ₂ dues aux transports par rapport aux autres secteurs	66

Graphiques

1. Mécanisme des gaz à effet de serre	14
2. Part relative du gazole dans la consommation essence et gazole, 1997	22
3. Émissions de CO ₂ produites par la combustion des carburants des transports routiers, 1990-99	27
4. Évolution du transport routier de marchandises, 1990-1997.....	29
5. Croissance prévue des émissions de CO ₂ dues au transport	67

NOTE DE SYNTHÈSE

Les études scientifiques font apparaître que la température moyenne de la terre augmente lentement, mais régulièrement. La progression des émissions globales de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, chlorofluorocarbones et protoxyde d'azote) a contribué à ce phénomène. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime que les températures globales s'élèveront de 1 à 2 °C d'ici 2020 et de 2 à 5 °C d'ici à 2070. La sensibilisation accrue de la communauté internationale à cette augmentation de la température globale a suscité d'importantes initiatives internationales – telles que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le Protocole de Kyoto – visant à réduire les émissions de CO₂ pour prévenir les changements climatiques.

Le secteur des transports est à l'origine d'environ 27 % des émissions totales de CO₂ des pays de l'OCDE, environ 80 % des émissions de ce secteur étant imputables aux transports routiers. Le Programme de recherche en matière de transports routiers et liaisons intermodales de l'OCDE a constitué un Groupe de travail ayant pour mission de réaliser une étude approfondie sur les émissions de CO₂ dues aux transports routiers et de produire un cadre pertinent d'évaluation des stratégies de réduction de ces émissions.

Méthodologie et objectifs du rapport

Ce rapport aborde les trois questions clés suivantes :

- Premièrement, quelles sont les politiques ou mesures mises en œuvre dans le secteur des transports routiers pour réduire ou stabiliser ses émissions globales de CO₂ (législations nationales, engagements volontaires des constructeurs automobiles ou mesures fiscales) ? La plupart des pays ont adopté un éventail de politiques et mesures pour mettre sur pied une stratégie complète de réduction des émissions de CO₂.
- Deuxièmement, quels sont les cadres d'évaluation utilisés pour estimer l'impact *ex ante* et *ex post* de ces politiques et mesures ? Plusieurs pays font appel à différentes méthodes de modélisation, qualifiées de méthodes à approche « montante » ou « descendante », pour réduire les émissions de CO₂. Ce rapport a pour objectif de présenter des exemples de ces modèles, sans pour autant se livrer à une évaluation complète des capacités de modélisation des divers pays.
- Enfin, quelles sont les perspectives d'évolution des émissions totales de CO₂ dans l'industrie et les transports et, plus spécifiquement, dans les transports routiers ? Quel rôle peuvent jouer les modèles d'évaluation pour faciliter le développement et la mise en œuvre de stratégies contribuant à la réduction des émissions globales de CO₂ ?

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Croissance récente des émissions de CO₂ dues aux transports routiers

- Les résultats des études scientifiques sur l'impact des gaz à effet de serre – et plus particulièrement du dioxyde de carbone et du méthane – sont aujourd'hui convergents : les données recueillies mettent en évidence l'élévation lente, mais régulière, de la température moyenne de la terre.
- Les études réalisées sur les émissions totales et sur celles du secteur des transports indiquent que :
 - Les émissions totales de CO₂ sont en progression dans tous les pays de l'OCDE et augmentent plus rapidement dans les pays récemment industrialisés.
 - La part relative des transports routiers dans les émissions totales de CO₂ s'accroît, de même que le niveau de leurs émissions, en valeur absolue.
 - L'essor du transport routier de marchandises est plus rapide que celui du transport de marchandises. Dans plusieurs grands pays de l'OCDE, le transport routier de marchandises représente 75 % du transport de marchandises (en termes de tonnage) et cette proportion est en augmentation constante.
- Le Protocole de Kyoto fixe comme objectif aux pays industrialisés et aux économies en transition (pays visés par l'Annexe I) une réduction moyenne de 5.2 % par rapport au niveau de 1990 des émissions agrégées de GES d'ici 2008-12. Compte tenu des évolutions récentes en matière de croissance des transports, une réduction importante des émissions de CO₂ du secteur des transports routiers dans les pays de l'OCDE pour contribuer de manière proportionnelle aux réductions globales de CO₂, dans ce laps de temps, semble un objectif très ambitieux.

Politiques et mesures de réduction des émissions de CO₂ générées par les transports routiers

- Un certain nombre de pays de l'OCDE ont pris des mesures pour réduire les émissions de CO₂ produites par les transports routiers ; elles sont axées sur le rendement énergétique des carburants et la consommation de carburant et peuvent se présenter sous la forme de taxes sur les carburants et accords volontaires avec l'industrie pour améliorer l'efficacité énergétique des véhicules.
- Certaines mesures prennent la forme d'une législation nationale pour limiter la consommation moyenne de carburant des véhicules neufs mis sur le marché. D'autres visent à restreindre la circulation des voitures particulières dans les zones urbaines pour réduire la pollution atmosphérique et encourager l'utilisation des transports publics, l'effet positif sur les émissions de CO₂ étant alors indirect.
- Des mesures telles que les systèmes de gestion de la demande de transport et de la circulation s'appuient souvent sur des taxes spécifiques, sur un développement des systèmes de transports publics destiné à favoriser un renoncement volontaire à l'utilisation des voitures, sur des mesures en faveur des carburants de substitution, etc. Ces mesures se heurtent à divers problèmes :
 - *Problème d'échelle.* Les mesures axées sur les centres des zones métropolitaines n'auront qu'un impact modeste sur les émissions de CO₂ dues au trafic routier de l'ensemble de cette zone.
 - *Problèmes politiques.* Certaines des mesures proposées, telles que l'augmentation des droits de péage ou des taxes, sont politiquement difficiles à appliquer.

- L'impact des carburants de substitution est encore plutôt faible. Les véhicules à carburants alternatifs sont onéreux et le réseau des stations d'avitaillement est encore peu développé, de sorte que la pénétration de ces véhicules sur le marché est lente. Toute évaluation de l'effet potentiel des carburants de substitution doit tenir compte de leur impact global sur les émissions de CO₂ : par exemple, pour les véhicules électriques, il convient d'intégrer les émissions supplémentaires liées à la production de l'électricité destinée à alimenter les moteurs, que la production de celle-ci soit assurée par le pétrole, le charbon ou le gaz.
- Les politiques les plus efficaces en matière de réduction des émissions de GES imputables aux voitures particulières et aux transports routiers – et à même de contribuer à un développement durable – sont probablement celles qui associent diverses mesures telles que : engagements volontaires des constructeurs automobiles auprès des pouvoirs publics de produire des véhicules économes en carburant, taxes sur les véhicules, taxes sur les carburants et taxes d'accise différentielles, information des consommateurs et mesures d'incitation à une amélioration du rendement énergétique dans les divers secteurs intéressés (industrie des transports routiers et des autobus).
- Il est également important de sensibiliser les décideurs des collectivités territoriales à l'importance que revêtent les mesures locales dans la baisse des émissions de GES, même si les réductions les plus importantes dépendent de mesures nationales et internationales.

Méthodes d'évaluation et de modélisation

- Un grand nombre de modèles de prévision ont été élaborés pour évaluer l'impact potentiel des diverses mesures et des nouvelles technologies et notamment des modèles axés sur : le trafic routier global, la demande de circulation des voitures particulières et camions, la répartition modale de la demande de transport et la consommation de carburant, y compris l'impact des taxes sur les carburants sur la demande de carburant. La multiplicité des modèles disponibles témoigne des efforts consentis en ce domaine par tous les pays de l'OCDE.
- Ces techniques de modélisation, d'évaluation et d'appréciation peuvent faire appel à une méthode de conception « montante » ou bien « descendante ». Elles ont généralement un objectif similaire : le rapport coût/efficacité par tonne de CO₂ réduite.
- Établir des prévisions des émissions de CO₂ est une tâche ambitieuse et les modèles actuels comportent nombre de limites et incertitudes :
 - Le degré de détail des données disponibles est souvent insuffisant (au niveau de variables telles que le trafic horaire, la proportion de véhicules de transport de marchandises, la consommation de carburant par véhicule, la distance annuelle moyenne parcourue).
 - Les relations entre les paramètres (paramètres économétriques, par exemple) ne sont pas toujours explicitées ou démontrées et les modèles comportent parfois trop d'équations (plus de 100 équations économétriques pour certains d'entre eux) et d'hypothèses.
 - Les hypothèses sont parfois trop rigides et la méthodologie peut manquer de souplesse (p. ex. traitement des fluctuations de la croissance économique ou des variations du développement et de la composition du parc automobile).
- La plupart des modèles présentent des inconvénients qu'il convient d'identifier et auxquels il est indispensable de remédier :
 - La nécessité d'opérer des simplifications conduit à certaines erreurs de modélisation.
 - Il n'est pas possible de concevoir un modèle global unique ; il faut élaborer différents modèles pour chaque application.
 - La précision des résultats produits par les modèles n'est pas connue.
 - Bien que hautement souhaitable, la comparabilité des modèles élaborés dans les divers pays est un objectif difficile à atteindre et le degré de comparabilité des modèles est incertain et complexe à évaluer (du fait de l'hétérogénéité des hypothèses, équations et données).

- Si les modèles disponibles ont permis d'établir des prévisions, les exemples d'études visant à apprécier l'effet national des mesures mises en œuvre sont rares. Les évaluations *ex post* peuvent se révéler fort utiles pour juger de l'impact de mesures techniques et fiscales ou des mesures prises par les collectivités territoriales. Il peut donc être judicieux d'intégrer dans la dotation budgétaire des ressources suffisantes pour pratiquer une évaluation *ex post*. Toutefois, une telle analyse constitue souvent une tâche très complexe qu'il est difficile d'engager, principalement parce qu'elle ne peut souvent être conduite que bien après l'application de la mesure. En outre, l'évaluation *ex post* est souvent complexe en raison de l'introduction d'autres mesures qui rend difficile l'attribution d'un impact aux mesures initiales examinées.

Projections d'évolutions

- Les estimations prévoient une progression générale du taux de motorisation par millier d'habitants ; en outre la plupart des pays connaissent une augmentation sensible du taux de possession du permis de conduire. La distance annuelle moyenne parcourue par voiture de tourisme est également en hausse ce qui conduit à une augmentation sensible du kilométrage total parcouru chaque année.
- La forte croissance du transport de marchandises devrait se poursuivre. La part du transport routier sur le marché en expansion du transport de marchandises devrait s'accroître. Même dans les pays industrialisés de l'OCDE, possédant des réseaux ferroviaires modernes, l'essor du transport de marchandises dû à la croissance économique se reporte essentiellement sur le transport routier.
- Certaines évolutions technologiques permettant de réduire fortement la consommation de carburant sont attendues :
 - A court terme (d'ici à 2010), de nouvelles modifications des moteurs automobiles assurant une réduction de la consommation de carburant et des émissions de GES devraient intervenir. Les moteurs essence ou Diesel seront toujours utilisés, mais leur taille sera réduite. Ils ne comporteront plus d'arbre à cames et seront équipés de systèmes d'injection directe de carburant. Des véhicules hybrides, munis de moteurs classiques plus petits et plus économes en carburant et d'une source d'énergie alternative, sont déjà disponibles sur le marché.
 - A long terme (après 2010), des solutions plus élaborées et d'un meilleur rendement énergétique pourraient être commercialisées, telles que les générateurs à pile à combustible ayant pour principal carburant l'hydrogène ou le méthanol.
 - Dans tous les cas d'utilisation de carburants de substitution, il convient d'évaluer l'impact sur les émissions de GES en tenant compte des émissions générées par la production des combustibles utilisés.
- Les engagements volontaires des constructeurs automobiles auprès des pouvoirs publics pourraient accélérer l'évolution technologique des véhicules économes en carburant.
- Toutefois, on ne saurait attendre de la rénovation du parc automobile une réduction significative des émissions avant au moins dix ou 20 ans en raison du temps de pénétration des véhicules neufs sur le marché et du délai de renouvellement du parc automobile.
- L'évaluation des réductions d'émissions de CO₂ doit être calculée dans les conditions réelles d'utilisation des véhicules. La consommation de carburant et les émissions de CO₂ mesurées sur banc moteur au cours des « cycles d'essai officiels » diffèrent de celles en conditions réelles de conduite, les conducteurs utilisant des accessoires – projecteurs, climatisation et autres équipements électriques – qui sont relativement gourmands en carburant. Il faut aussi tenir compte de la structure temporelle d'utilisation des véhicules : utilisation diurne, nocturne, estivale ou hivernale.
- Les perspectives générales de consommation unitaire de carburant, de distance annuelle moyenne parcourue et de nombre de véhicules en circulation permettent de penser que les émissions globales de CO₂ ne régresseront pas d'ici à 2010-15, mais au contraire augmenteront, et ce fortement.

- Eu égard aux projections de croissance des voitures particulières et des transports routiers et aux gains attendus en matière de rendement énergétique des carburants, la consommation des carburants de transport ne cessera d'augmenter dans les pays de l'OCDE (et dans les autres pays). En l'absence de nouvelles mesures correctrices, les émissions de GES des transports routiers dans un scénario de référence continueront de progresser. Toutefois, l'application de mesures économiques, telles que les taxes sur les carburants, les taxes sur les véhicules fondées sur leur efficacité énergétique et la tarification routière pourraient modérer cette croissance attendue en réduisant la demande globale et en encourageant un transfert vers des véhicules plus efficaces et à faibles émissions.

RECOMMANDATIONS

- Il convient d'affiner et de développer les modèles de transport utilisés pour prévoir les émissions de GES et pour évaluer le rapport coût/efficacité des mesures de réduction des gaz à effet de serre et mieux apprécier leurs limites. Il faut notamment s'intéresser à la qualité des données sous-jacentes, aux postulats, aux hypothèses, aux liens entre paramètres, aux lacunes et à la précision des résultats. Les limites des modèles peuvent avoir des répercussions sur l'évaluation coûts/avantages des réductions de CO₂ et de GES attendues des mesures prises par les pouvoirs publics et des évolutions technologiques.
- Un élément important d'un programme visant l'amélioration du rendement énergétique des carburants devrait porter sur les véhicules très économes en carburant en association avec des taxes sur les carburants et la tarification routière.
- Des études approfondies doivent être entreprises pour identifier les mesures à même d'accélérer la diffusion des véhicules peu polluants et surtout pour déterminer les facteurs qui freinent leur adoption, tels les problèmes d'infrastructures et de sécurité.
- L'évaluation du rendement énergétique des carburants et des émissions de GES doit être fondée sur les conditions réelles d'utilisation des véhicules plutôt que sur les estimations des « cycles d'essai officiels ».
- Les carburants de substitution, les véhicules hybrides, les générateurs à pile à combustible et autres technologies nouvelles offrent des perspectives de réduction des émissions de CO₂, mais les évaluations doivent se fonder sur la variation globale de CO₂ et de GES, c'est-à-dire prendre en compte les rejets engendrés par la production des combustibles.
- Eu égard aux tendances que font ressortir les scénarios de référence en matière d'émissions de CO₂ et de GES, il est indispensable d'étudier plus avant les méthodes d'élaboration et d'application des modèles destinés à évaluer les diverses actions et mesures susceptibles de contenir leur poussée et d'assurer leur réduction à long terme. Pour les zones urbaines, l'évaluation doit intégrer l'impact des mesures appliquées dans les villes pour optimiser la demande de mobilité et freiner les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les voitures particulières et le transport de marchandises. Il apparaît également nécessaire d'explorer le rôle que pourrait jouer l'aménagement urbain dans l'optimisation de la demande de mobilité et la limitation des rejets des véhicules routiers, compte tenu des exigences de transport dans les pays de l'OCDE.
- Les études relatives à l'impact des transports routiers sur le réchauffement global devraient être effectuées régulièrement, à intervalles de plusieurs années. Nombre d'incertitudes sont en effet attachées au problème du réchauffement global et les évaluations de l'impact des politiques, des technologies, de la demande de transport, etc., sur les émissions de CO₂ ne sont pas concordantes.
- Il est hautement souhaitable que les modèles de prévision soient validés au moyen d'évaluations *ex post*. Il faut donc prévoir des ressources pour cette activité dès le début des projets, en reconnaissant les difficultés et les coûts que soulèvent souvent de telles évaluations.
- Il est nécessaire d'établir des liens plus étroits entre les modèles de prévision, les cadres d'évaluation et le développement de stratégies de réduction des émissions de CO₂ et d'assurer le suivi et l'examen de l'efficacité des stratégies.

INTRODUCTION

Cadre de l'étude

Les changements climatiques sont potentiellement l'une des plus graves menaces environnementales auxquelles la planète est aujourd'hui confrontée. Ces dernières années, des conditions météorologiques extrêmes ont révélé la vulnérabilité de la société aux changements climatiques et l'ampleur de leurs effets désastreux.

S'il est difficile de déterminer si un événement spécifique est le résultat direct des changements climatiques anthropiques, on constate globalement que les températures ont augmenté d'environ 0.6 °C au cours du siècle dernier. Les années 1990 ont compté sept des années les plus chaudes qui aient été enregistrées et l'année 1998 a été l'année la plus chaude au cours des 140 dernières années. Les scientifiques affirment que nous sommes à l'aube d'une phase de réchauffement global au cours de laquelle la température de la terre devrait augmenter significativement. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime que la température globale augmentera entre 1 et 2 °C d'ici à 2020, et entre 2 et 5 °C d'ici à 2070.

Un nombre croissant d'études scientifiques démontrent que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont un effet sensible sur le climat de la terre par le mécanisme de « l'effet de serre ».

Le graphique 1 illustre ce mécanisme.

La sensibilisation à l'ampleur mondiale des émissions de gaz à effet de serre – dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), chlorofluorocarbones (CFC) et protoxyde d'azote (N₂O) – s'est développée au cours de ces dernières années. Les scientifiques ont noté que la teneur moyenne de l'atmosphère terrestre en dioxyde de carbone augmente régulièrement. Une certaine évolution climatique est à présent inévitable ; en raison des gaz à effet de serre qui se sont déjà accumulés dans l'atmosphère, nous ne sommes plus en mesure de prévenir une certaine élévation de la température. Toutefois, les effets les plus graves des changements climatiques peuvent être évités si la communauté internationale agit aujourd'hui pour réduire les émissions et stabiliser, en temps voulu, les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone. Les initiatives internationales, comme la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto, ont de tels objectifs.

Émissions de gaz à effet de serre issues des transports

Il existe divers gaz à effet de serre d'origine naturelle : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃). Les émissions engendrées par les transports, et particulièrement les véhicules à moteur, augmentent considérablement la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre. Dans les pays de l'OCDE, les transports sont responsables d'environ 27 % des émissions totales de CO₂. Les transports routiers représentent généralement entre 55 et 99 % des émissions de gaz à effet de serre libérées par les transports, environ deux tiers de ces proportions étant imputables à la voiture privée – essentiellement sous la forme de CO₂.

Graphique 1. Mécanisme des gaz à effet de serre



Source : Mission interministérielle de l'effet de serre (France).

Le présent rapport s'intéresse aux émissions provenant des transports routiers, à certaines des mesures prises par les pays pour les stabiliser et les réduire et se propose d'évaluer les méthodes employées pour modéliser les effets de ces politiques et mesures.

Choix du cadre temporel

Le rapport traite principalement de la période 2000-10. La section sur les tendances futures se penche sur l'après 2010. Le choix de ce cadre temporel nous paraît pertinent car aucune révolution majeure de la technologie automobile ne peut avoir de répercussions importantes sur la composition du parc automobile avant 2010. Les constructeurs automobiles ont déjà commencé à commercialiser les premiers véhicules économes en carburant qui produiront moins de rejets au cours des dix prochaines années.

Les modèles à faible consommation de carburant d'aujourd'hui mettent en œuvre les technologies nécessaires pour réduire substantiellement la consommation de carburant et les rejets (moteurs Diesel et moteurs essence à injection directe de carburant, par exemple). Les constructeurs automobiles européens devraient donc être en mesure de respecter l'Engagement volontaire de réduction des émissions que l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) a pris en leur nom auprès de la Commission européenne. Cet Engagement volontaire porte sur les émissions moyennes de CO₂ des voitures particulières neuves (les constructeurs automobiles japonais et coréens ont également souscrit un engagement similaire). Toutefois, si certaines technologies permettent techniquement d'atteindre les objectifs fixés, le rapport coût/efficacité de leur mise en œuvre peut poser certains problèmes aux constructeurs. Par exemple, le respect des engagements des constructeurs en l'absence de carburant désulfuré constitue un véritable défi. L'Engagement volontaire prévoit une réduction des émissions à 140 g de CO₂/km avant 2008 sur l'ensemble des véhicules produits (voir le chapitre 3 pour plus d'informations à ce propos).

Le choix de l'horizon 2010 est également motivé par le fait qu'il serait fort difficile, avant cette date, de modifier radicalement la préférence que manifeste une grande partie de la population à l'égard de la voiture, particulièrement au centre et à la périphérie des grandes villes et autres zones urbaines. Les structures de déplacement sont conditionnées par la structure spatiale des aménagements urbains et suburbains (situations géographiques respectives des logements, lieux de travail, centres commerciaux, etc.). En outre, les autorités responsables des transports ont également dressé des plans et, dans nombre de cas, établi des programmes de dépenses, portant sur la mise en place de réseaux urbains et ruraux de voies à grande circulation au cours des dix prochaines années afin de répondre aux besoins de déplacement.

Toute évolution profonde de la technologie ou de l'utilisation des automobiles n'interviendra probablement qu'ultérieurement et, au plus tôt, en 2010-15. Ce n'est qu'à partir de ces dernières années que le remplacement des véhicules « énergivores » pourra avoir des répercussions sensibles sur les émissions globales de CO₂ (les véhicules économes en carburant ne seront probablement pas couramment disponibles avant).

La croissance économique a eu des effets directs sur les émissions du secteur des transports au cours des 60 dernières années. La période 2010-15 revêt une importance cruciale si les pays de l'OCDE veulent faire reculer leurs émissions de CO₂ sans freiner la croissance économique.

Le présent rapport fournit un aperçu des politiques menées dans divers pays et de certains de leurs effets susceptibles de concourir à la réalisation des objectifs visés. Plusieurs pays de l'OCDE ont mis au point et appliqué diverses mesures destinées à réduire la consommation de carburants dans le secteur des transports routiers avant la Conférence de Kyoto et, dans certains cas, dès le début des années 1990 : les résultats de ces mesures sont évalués lorsque c'est possible.

Méthode de travail et objectifs

L'étude a été réalisée par un Groupe de travail composé de représentants de onze pays avec le soutien du Secrétariat de l'OCDE. Les membres du Groupe de travail ont analysé les documents écrits, les données disponibles, les méthodes adoptées et les résultats obtenus dans différents pays et tenu des réunions plénières.

Les objectifs de l'étude étaient les suivants :

- Analyser l'évolution récente des émissions de CO₂ dues aux transports routiers.
- Évaluer l'impact des mesures visant à réduire les émissions de CO₂ des transports routiers.
- Étudier les méthodologies utilisées dans les pays de l'OCDE pour apprécier l'impact des mesures, leur mise en œuvre et leurs résultats.
- Produire des projections d'évolutions préliminaires en matière d'émissions de GES.
- Présenter aux instances chargées des transports ainsi qu'aux analystes de ce secteur des conclusions quant à la pertinence des mesures.

Structure et teneur du rapport

Le présent rapport est divisé en cinq chapitres :

- Le chapitre 2 analyse la croissance récente des émissions de CO₂ des transports routiers (voitures particulières et véhicules de transport de marchandises) dans les pays Membres et non membres de l'OCDE et la part relative de l'essence et du gazole dans ces émissions.
- Le chapitre 3 examine diverses politiques et mesures de réduction des émissions de CO₂ produites par les transports routiers et précise, le cas échéant, les objectifs visés. Certaines mesures sont spécifiques à un pays, d'autres s'appliquent à une zone (comme, par exemple, l'Engagement de l'ACEA auprès de la Commission européenne).
- Le chapitre 4 propose un aperçu des méthodes de modélisation employées dans divers pays pour estimer l'efficacité des mesures envisageables pour réduire les émissions de CO₂. Il est

consacré, pour une bonne part, aux limites et incertitudes attachées à nombre de ces modèles et analyse également les lacunes dans l'exploitation des modèles disponibles (qualité des données et absence d'évaluation *ex post*).

- Le chapitre 5 traite des perspectives d'évolution du volume de transport – ainsi que de ses effets probables sur les émissions de GES – et des améliorations technologiques ultérieures à même de restreindre la progression des émissions de GES.

ÉVOLUTIONS RÉCENTES DES ÉMISSIONS DE CO₂ DUES AUX TRANSPORTS ROUTIERS*

Introduction

Les moyens de transport comprennent les véhicules routiers, les trains, les navires et les avions. Les transports routiers sont à l'origine de 55 à 99 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports, les émissions des voitures particulières, principalement sous la forme de CO₂, représentant deux tiers des émissions des transports routiers. La demande de transport routier a dominé la demande d'énergie du secteur des transports et il est probable que cet état de fait perdure. L'examen des évolutions montre que les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports ont substantiellement augmenté dans la majorité des pays visés à l'Annexe I de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (voir l'appendice A du présent rapport). A l'heure actuelle, on note que la réduction des émissions a étonnamment peu progressé dans le secteur des transports et les projections font ressortir une poursuite de leur croissance.

Le présent chapitre traite de l'évolution des émissions de CO₂ des transports routiers dans la majorité des pays de l'OCDE et dans certains autres pays, au cours de la période 1990-1999. Ces informations, fondées sur les données de l'AIE, sont présentées pour les divers pays, mais aussi par groupes de pays. Ce chapitre donne également une description synthétique des méthodes employées par les pays pour produire les données qu'ils sont tenus de fournir dans le cadre de leurs obligations internationales.

Polluants locaux et globaux issus des transports routiers

Il existe divers gaz à effet de serre d'origine naturelle : la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃). Les émissions dues aux transports, et particulièrement aux véhicules à moteur, augmentent considérablement la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre.

Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO₂) et la vapeur d'eau sont les principaux composants d'échappement rejetés par les moteurs après combustion des carburants hydrocarbonés (essence, gazole, gaz naturel, etc.). Le CO₂ représente plus de 99 % de la masse de tous les gaz d'échappement (CO₂, CO, HC, NO_x, etc.). Les pots catalytiques et autres dispositifs d'échappement assurent l'oxydation en CO₂ et H₂O d'une grande partie du monoxyde de carbone (CO) et des hydrocarbures (HC). C'est pourquoi le CO₂ est considéré comme la principale forme de pollution des moteurs à combustion interne.

* Les données sur les émissions de GES présentées dans ce chapitre sont exprimées en équivalent dioxyde de carbone. Elles peuvent l'être aussi en équivalent carbone. La relation entre ces deux grandeurs est la suivante :
1 Mt CO₂ = 0.2727 Mt C.

Méthane

Certains autobus, camions (véhicules utilitaires lourds et légers) et voitures particulières utilisent du gaz naturel comprimé comme carburant. Le gaz naturel issu de gisements fossiles comporte une très forte proportion de méthane (de 82 à 95 %) ; il résulte aussi de la fermentation végétale. Il peut être stocké sous forme gazeuse ou liquide. Son utilisation va probablement se répandre pour diverses raisons, la principale d'entre elles étant que les émissions de CO₂ des véhicules à moteur utilisant du gaz naturel comprimé (GNC) pourraient être de 10 à 25 % inférieures à celles des véhicules équipés d'un moteur à essence. Le GNC produit également moins de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (HC) et d'oxydes de carbone (NO_x), ce qui est un facteur particulièrement appréciable dans les zones urbaines. Toutefois, même sur les véhicules munis d'un pot catalytique, la teneur de méthane (CH₄) des gaz d'échappement reste significative. On notera que 1 gramme de CH₄ a un effet de serre presque 21 fois supérieur à 1 gramme de CO₂. Il est donc essentiel de s'intéresser aux émissions de méthane lors d'une étude des gaz à effet de serre.

Émissions délétères

Les rejets des véhicules suscitent d'autres problèmes que ceux liés à leur effet de réchauffement/effet de serre. Dans les zones densément peuplées, et particulièrement dans les grandes villes, les émissions des véhicules à moteur constituent un risque pour la santé humaine. Si le présent rapport est axé sur les méthodes de réduction des émissions de gaz à effet de serre, il convient également de s'intéresser à la stabilisation – et, si possible, à la réduction – des rejets des véhicules à moteur qui sont néfastes pour la santé.

Oxydes d'azote

Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) des véhicules ont divers effets préjudiciables pour la santé et l'environnement. Les oxydes d'azote rejetés dans l'atmosphère réagissent chimiquement avec d'autres substances polluantes pour former l'ozone troposphérique (principal composant du smog photochimique) et d'autres substances polluantes toxiques. Le dioxyde d'azote irrite les poumons et affaiblit la résistance aux infections respiratoires (telles que la grippe). Les émissions de NO_x sont un important précurseur des pluies acides qui ont des effets sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Le dioxyde d'azote et le nitrate atmosphérique concourent également à la formation de brumes polluantes qui réduisent la visibilité.

Les véhicules utilitaires lourds et les autobus sont responsables de la moitié des émissions mondiales de NO_x produites par les véhicules à moteur malgré leur faible proportion (5 %) dans le parc automobile mondial.

Matières particulaires de Diesel

Le terme générique de *matières particulaires* désigne un mélange de particules solides et de gouttes de liquide présent dans l'atmosphère. Ainsi, les poussières, salissures, suies, fumées et gouttelettes de liquide sont des matières particulaires. Leur rejet dans l'atmosphère peut être d'origine naturelle ou anthropique : poussières transportées par le vent ou émissions des véhicules à moteur, des sites de construction, des usines et incendies. Les particules se forment également dans l'atmosphère par condensation ou transformation de gaz tels que le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils.

Les études scientifiques établissent une relation entre les matières particulaires (seules ou associées à d'autres polluants atmosphériques) et certaines perturbations de la santé. Les matières particulaires émises par les véhicules à moteur et les particules qui se forment par transformation des rejets gazeux desdits véhicules font partie des particules fines. Celles-ci (d'un diamètre inférieur à 2.5 micromètres) sont particulièrement préjudiciables pour la santé. Les émissions de matières particulaires des véhicules Diesel en service sont de 50 à 80 % plus élevées que celles des véhicules à essence.

Limitation des émissions nuisibles

Les mesures requises pour abaisser les émissions d'oxydes d'azote et de matières particulaires Diesel ne sont pas de même nature que celles nécessaires à la réduction de la consommation de carburant, réduction qui est un objectif hautement prioritaire dans le cadre du recul des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, la technique de l'injection directe peut réduire la consommation de carburant des moteurs Diesel d'au moins 20 à 30 % – et parfois de presque 40 % – sans dégrader les performances des véhicules. Mais, s'ils rejettent moins de matières particulaires que les moteurs Diesel classiques, les moteurs Diesel à injection directe rejettent davantage de NO_x (l'augmentation est comprise entre 50 et 100 %).

La Commission européenne a adopté une réglementation plus restrictive en matière d'émissions de NO_x et de matières particulaires, qui entrera en vigueur en 2005-2008. Il est probable que, pour respecter les objectifs fixés, les constructeurs automobiles feront appel à un recyclage piloté des gaz d'échappement (RGE) pour réduire les émissions de NO_x et aux filtres de matières particulaires pour piéger et oxyder près de 95 % des matières particulaires engendrées par la combustion Diesel. Certains modèles de véhicules vendus en Europe depuis l'année 2000 sont équipés de ces systèmes.

Types de véhicules routiers

Les véhicules routiers sont communément divisés en trois catégories : voitures particulières, véhicules utilitaires et véhicules à deux roues. Le niveau des émissions de CO₂ imputables à chacune d'entre elles diffère. Compte tenu du fait que les catégories varient selon les études et sources statistiques, il convient d'examiner avec soin quelles sont leurs définitions avant de procéder à des comparaisons entre données d'une même catégorie. Les paragraphes qui suivent décrivent ces catégories et soulignent sur quels points leurs définitions divergent.

Voitures particulières

En Europe, le parc des voitures particulières comporte une forte proportion (près de 90 %) de voitures de tourisme à deux et quatre portes et entre 10 et 12 % des véhicules monospaces ou à quatre roues motrices. En 1998, les véhicules à quatre roues motrices représentaient 3.2 % du parc de voitures particulières européen, leur proportion oscillant entre 0.4 % en Espagne, 5 % au Royaume-Uni et 11 % en Norvège.

Les parts respectives des véhicules essence et Diesel sur le marché des ventes de voitures particulières en Europe varient significativement selon les pays. Les voitures Diesel ont représenté environ 32 % des ventes de voitures neuves en Europe au cours de l'année 2000, les disparités entre pays étant très prononcées : 62 % en Autriche, 53 % en Espagne, 49 % en France et, dans les pays où elles sont moins répandues, 14 % au Royaume-Uni, 13 % au Danemark, 10 % en Irlande, 9 % aux Pays-Bas, en Norvège et en Suisse et 6 % en Suède. Ces écarts sont partiellement dus aux niveaux variables des taxes et redevances annuelles sur les véhicules, des primes d'assurance et des prix du gazole et de l'essence.

La puissance et la cylindrée moyennes des moteurs sur l'ensemble des véhicules vendus en Europe en 1998 étaient de 69 kW et de 1.67 litre, respectivement.

En Amérique du Nord, et notamment aux États-Unis, les véhicules tout-terrain, les camions légers et les véhicules à quatre roues motrices représentaient près de 50 % des voitures neuves. A la différence de l'Europe, l'Amérique du Nord ne compte qu'une très faible proportion de voitures équipées d'un moteur Diesel ; en raison du prix relativement modeste de l'essence aux États-Unis, les véhicules possèdent généralement des moteurs plus gros et plus puissants.

Le tableau I montre les nouvelles immatriculations de voitures particulières en 1998, 1999 et 2000 par grandes régions. En 2000, près de 38.5 millions de voitures particulières ont été produites et immatriculées de par le monde, ce chiffre s'établissant à 37.3 millions en 1999 et 36 millions en 1998.

Tableau 1. **Immatriculations des voitures particulières neuves, 1998, 1999 et 2000**
(millions)

	1998	1999	2000	Évolution 2000/1998
Europe (17 pays)	14.4	15.0	14.7	+2 %
États-Unis + Canada + Mexique	9.2	10.0	10.3	+12 %
Japon + Corée	4.6	5.0	5.3	+15 %
Monde	36.0	37.3	38.5	+7 %

Source : CCFA, juillet 2001.

Véhicules utilitaires

Cette catégorie comprend les petits véhicules utilitaires légers aménagés sur la base de voitures particulières (particulièrement en Europe et en Asie), les utilitaires légers, les petits camions (5 à 10 tonnes), les poids lourds (entre 20 et 50 tonnes) et les autobus. La classification des petits véhicules utilitaires et des véhicules utilitaires légers n'est pas la même en Europe et en Amérique du Nord. En Europe, certaines voitures particulières sont classées comme utilitaires si elles sont achetées par une entreprise et déclarées à usage professionnel. Aux États-Unis, une forte proportion des camions légers (*pick-up*) sont classés comme véhicules utilitaires légers et assimilés à des voitures ; les ventes sont très fortes, parce que les exigences de consommation moyenne de carburant par constructeur imposées par le programme CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) sont moins sévères pour les véhicules utilitaires légers que pour les voitures particulières.

En Europe, tous les petits véhicules utilitaires et véhicules utilitaires légers sont équipés de moteurs Diesel ; aux États-Unis, une forte proportion de ces véhicules ont des moteurs à essence. Dans tous les pays du monde, les poids lourds possèdent, à quelques exceptions près, des moteurs Diesel.

Le tableau 2 présente les immatriculations de véhicules utilitaires neufs en Europe, Amérique du Nord, Japon et Corée, en 1998, 1999 et 2000. En 2000, plus de 18.6 millions de véhicules utilitaires ont été produits et immatriculés de par le monde, contre 17.6 millions en 1999 et 17 millions en 1998.

Tableau 2. **Immatriculations de véhicules utilitaires neufs en 1998, 1999 et 2000**
(millions)

	1998	1999	2000	Évolution 2000/1998
Europe (17 pays)	2.0	2.2	2.3	+15 %
		dont 250 000 poids lourds	dont 287 000 poids lourds	
États-Unis + Canada + Mexique	8.7	9.8	10.0	+15 %
		dont 300 000 poids lourds	dont 310 000 poids lourds	
Japon + Corée	2.4	2.1	2.1	-13 %
Monde	17.0	17.6	18.6	+9 %

Source : CCFA, juillet 2001.

Véhicules à deux roues

Il existe une grande variété de véhicules à deux roues. Dans plusieurs pays de l'OCDE, une forte proportion des petits véhicules à deux roues ne sont pas immatriculés, de sorte qu'il est difficile de déterminer leur nombre total. Si les véhicules à deux roues ont un retentissement significatif sur la pollution locale, leur impact global en termes d'émissions de GES est relativement modeste.

Utilisation des véhicules

Grâce aux nouvelles technologies, et à une diminution de la taille et de la masse des voitures particulières, tous les véhicules routiers – et, en particulier, les voitures particulières et les poids lourds – vont, au cours des années à venir, subir des modifications destinées à réduire leur consommation de carburant (essence et gazole), mesurée en litres aux 100 km. Ces évolutions permettront de réduire leurs taux d'émission de CO₂.

Lorsque le taux des émissions de CO₂ (mesuré en g/km) des véhicules à moteur sera moindre, les émissions totales de CO₂ des voitures particulières seront *notamment* liées à la distance parcourue annuellement par chaque véhicule et aux zones dans lesquelles s'effectuent les trajets (conditions de circulation). Les réductions d'émissions dues à un meilleur rendement énergétique des carburants pourraient être contrebalancées par un accroissement des distances parcourues.

Par conséquent, pour un niveau donné de technologie, les perspectives d'émissions globales seront conditionnées par plusieurs paramètres interdépendants :

- Distance totale parcourue (augmentation ou diminution du nombre de kilomètres parcourus) et conditions de circulation.
- Proportion de marchandises acheminées par la route par opposition à d'autres modes de transport. A cet égard, notons que, en dépit d'une croyance répandue, le transport ferroviaire ne constitue souvent pas une alternative viable au transport routier, notamment pour les transports sur des distances relativement courtes, dont la part dans le transport de marchandises est en augmentation.
- Répercussions d'une expansion des méthodes de production « en flux tendus » (le niveau réduit des stocks étant compensé par une livraison des marchandises « juste à temps »).
- Efficacité énergétique des parcs de véhicules automobiles.

Pour apprécier les perspectives en matière d'émissions de gaz à effet de serre des transports routiers, il convient de tenir compte des mesures mises en œuvre par les pays de l'OCDE pour réduire les émissions de CO₂ – et de certains de leurs résultats – et notamment, lorsque c'est possible, de leur rapport coûts/avantages.

Proportions des véhicules Diesel et des véhicules à essence

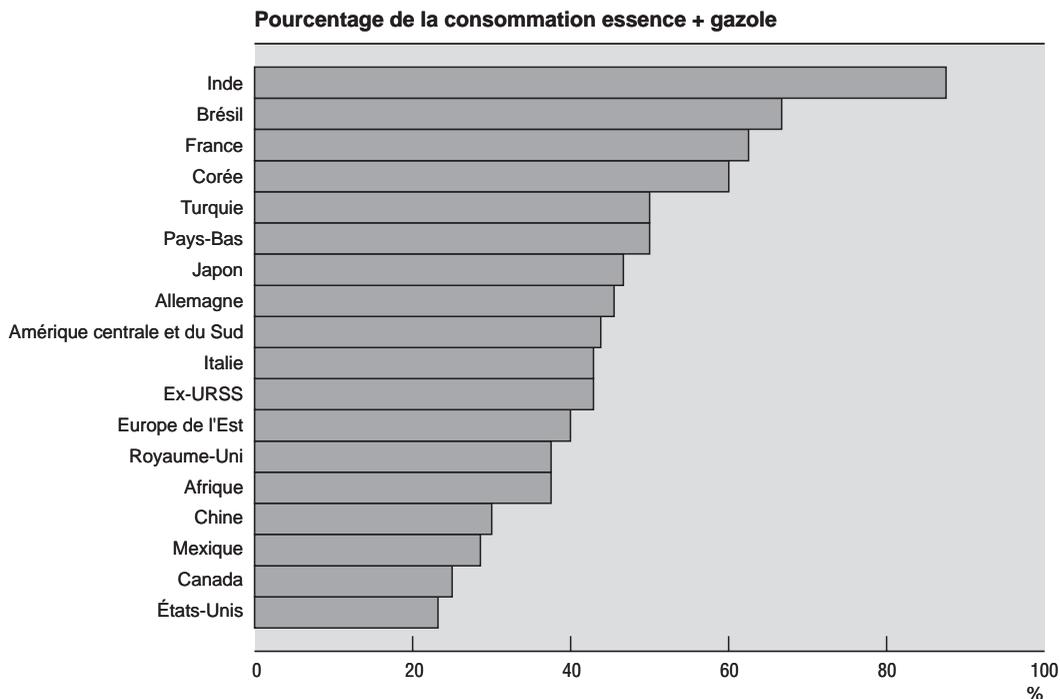
Les données 1997 de l'Agence d'information sur l'énergie des États-Unis relatives à la consommation de gazole en pourcentage de la consommation essence et gazole dans certains pays (graphique 2) révèlent que, parmi les pays en développement et les pays nouvellement industrialisés, c'est en Inde, Amérique centrale, Amérique du Sud et au Brésil que la part du gazole dans la consommation essence et gazole est la plus élevée, tandis que, parmi les pays développés, c'est en France que cette part est la plus forte et aux États-Unis qu'elle est la plus faible. Au niveau mondial, la consommation de gazole représente 38 % de la consommation totale essence et gazole. Bien que les voitures Diesel soient généralement plus chères que les voitures à essence, le pourcentage élevé de voitures Diesel dans les pays en développement (Amérique centrale, Amérique du Sud et Brésil) tient en partie à l'écart de prix entre le gazole et l'essence et à la structure du parc roulant. On peut penser que la différence de prix entre ces deux types de voitures s'amenuisera, ce qui aura pour effet d'accroître la part des voitures Diesel dans le parc automobile si l'écart entre le prix des carburants est maintenu.

Évolution des émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie

Tendances générales

Les émissions mondiales de CO₂ dues à la combustion d'énergie progressent régulièrement depuis de nombreuses années. Les émissions globales de CO₂ de l'ensemble des secteurs sont passées de 14 141 millions de tonnes en 1971 à 22 818 millions de tonnes en 1999, soit une poussée de

Graphique 2. **Part relative du gazole dans la consommation essence et gazole, 1997**
(millions de barils de pétrole par jour)



Source : Agence d'information sur l'énergie des États-Unis (US-EIA).

62 % (AIE, 2001). Au cours de cette période, les émissions ont augmenté dans la plupart des secteurs, les hausses les plus marquées étant intervenues dans les secteurs des transports et de la production d'énergie. Les transports sont également le secteur d'emploi final présentant les plus faibles capacités d'adaptation, car il s'appuie presque exclusivement sur l'utilisation du pétrole. Comme le met en évidence le tableau 3, un peu plus de 50 % des émissions mondiales de CO₂ sont imputables aux pays de l'OCDE.

Dans les pays de l'OCDE, la part du secteur des transports dans les émissions de CO₂ a été de 19.4 %, 24.91 % et 27.1 % en 1971, 1990 et 1999, respectivement. Il importe de noter que deux tiers des émissions mondiales de CO₂ générées par les transports sont imputables aux pays de l'OCDE. La part du secteur des transports dans les émissions mondiales de CO₂ s'est établie à 16.7 %, 21.7 % et 24.1 % en 1971, 1990 et 1999, respectivement (AIE, 2000 et 2001) (tableau 3).

La consommation d'énergie du secteur des transports est, en raison d'un faible taux de motorisation, moins élevée dans les pays non visés à l'Annexe I (pays en développement et nouvellement industrialisés) que dans ceux visés à l'Annexe I. Il est toutefois manifeste que les émissions de CO₂ liées aux transports pourraient y augmenter de façon radicale au cours des 20 prochaines années.

La dislocation de l'URSS, la chute de l'offre russe de carburants fossiles et la nécessité pour la Russie de tirer des devises fortes de ses exportations d'énergie ont restreint de façon spectaculaire l'offre d'énergie aux États baltes, au Bélarus et à l'Ukraine. La transition vers une économie de marché après 1992 s'est accompagnée d'un fléchissement marqué du PIB, de l'écroulement des marchés extérieurs traditionnels, d'un effondrement de la production nationale et d'un recul de la production industrielle. Les émissions totales de CO₂ de la Russie ont diminué chaque année depuis 1992

jusqu'en 1998 où elles ont atteint leur plus faible niveau d'offre d'énergie depuis 1992. On a toutefois relevé une légère augmentation des émissions totales de CO₂ en 1999. Au cours de cette même période, la part de la Chine dans les émissions de CO₂ a, en revanche, fortement augmenté, son point de départ étant relativement modeste.

Tableau 3. Émissions mondiales de CO₂ dues à la combustion d'énergie en 1990 et 1999

Région	Émissions totales de CO ₂ (milliard de tonnes de CO ₂)			Part du secteur des transports (%)	
	1990	1999	Variation 1990-99 (%)	1990	1999
OCDE	11.01	12.15	+10.4 %	24.9	27.1
Amérique du Nord	5.55	6.37	+14.8 %	29.4	30.5
Europe	3.93	3.89	-1.0 %	20.1	24.1
Pacifique	1.53	1.88	+23.3 %	20.6	22.2
Non OCDE	9.06	9.91	+9.3 %	12.3	14.6
Europe non OCDE	0.39	0.22	-41.9 %	9.2	14.5
Ex-URSS	3.34	2.20	-34.2 %	9.7	10.7
Chine	2.29	2.97	+29.8 %	5.3	7.4
Asie non OCDE (sauf Chine)	1.32	2.07	+56.9 %	16.6	18.5
Afrique	0.54	0.66	+21.9 %	19.0	18.8
Moyen-Orient	0.58	0.94	+63.4 %	19.6	17.5
Amérique latine	0.60	0.84	+39.3 %	33.4	34.4
Monde¹	20.7	22.82	+10.2 %	21.7	24.1

1. Inclut les émissions de CO₂ des soutes maritimes et aéronautiques.

Source : AIE (2001).

Selon l'Agence internationale de l'énergie, les émissions globales de CO₂ vont progresser fortement dans toutes les régions du monde, y compris dans les pays de l'OCDE, pour atteindre un total d'environ 30 milliards de tonnes en 2010 et de 36 milliards de tonnes en 2020. L'AIE prévoit une augmentation de près de 75 % des émissions du secteur des transports sur la période 1997-2020 (AIE, 2000). Ces projections font apparaître que les émissions de CO₂ dues au secteur des transports constituent une proportion élevée, et en augmentation, de la croissance des émissions mondiales de CO₂ (voir également le chapitre 5 à ce propos).

Importance des modes de transport

Aujourd'hui, la plus grande partie du parc automobile mondial se trouve dans les pays développés. Parmi les pays de l'OCDE, c'est dans les pays de l'Amérique du Nord que les taux de motorisation sont les plus élevés. Ces taux dans les pays d'Europe, membres de l'OCDE, sont variables. L'essor de la demande en voitures particulières, qui accroît la hausse potentielle de la demande en carburants fossiles, s'étend rapidement aux pays à économie en transition de l'Europe centrale et de l'Europe de l'Est ainsi qu'aux pays en développement (CEMT, 1997). La part du secteur des transports dans les émissions est étroitement liée à la croissance de la demande de transport et à celle de la consommation énergétique dans ce secteur et progresse lorsque le produit intérieur brut (PIB) augmente.

Un rapport de la Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT, 1999), établi d'après les données fournies par 15 pays Membres, étudie la part relative des modes de transport sur le marché du fret sur certaines années entre 1970 et 1997. Il fait apparaître que les parts de marché du rail, de la route et des voies navigables intérieures étaient, respectivement, de 31.1 %, 55.5 % et 13.3 %, en 1970, et s'établissaient, respectivement, à 15.0 %, 77.9 % et 7.1 %, en 1997. Ces chiffres témoignent des profondes évolutions du marché du transport de marchandises au cours de cette période : le développement des transports routiers s'est traduit par une élévation de la part des émissions globales imputables à ce secteur.

Sources des données sur les émissions

Les données présentées et analysées dans ce chapitre proviennent essentiellement de trois sources :

- Les données CEMT ont été collectées grâce à une enquête approfondie auprès des États Membres et des États Associés, réalisée en 1996 (CEMT, 1997). Les pays travaillent à rendre leurs bases de données plus détaillées, plus fiables et plus élaborées pour affiner les informations produites. Toutefois, nombre des problèmes relatifs aux données et méthodologies subsistent et il sera difficile de procéder à des analyses comparatives avant que des progrès n'aient été accomplis. En outre, l'expérience de la Convention-cadre sur les changements climatiques (CCCC) met en lumière que les « communications nationales » de nombre des pays visés à l'Annexe I ne respectent pas les normes minimales de documentation ou ne fournissent pas d'explications sur les méthodes employées et la nature des données ainsi que le stipulent les lignes directrices de la CCCC.
- Les données de l'AIE émanent principalement d'un rapport réalisé en 2001 (AIE, 2001). Les estimations de l'AIE sur le CO₂ libéré par la combustion des carburants sont fondées sur les bilans énergétiques de l'AIE et sur les méthodes par défaut et coefficients d'émission définis dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre – version révisée* 1996. Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les estimations de l'AIE peuvent différer des chiffres soumis par les pays aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et notamment, sans qu'il s'agisse là d'une énumération limitative, les raisons suivantes : a) l'AIE utilise des coefficients d'émission moyens ; b) l'AIE ne dispose pas de données détaillées pour calculer le carbone stocké ; et c) les inventaires des émissions soumis peuvent avoir été ajustés pour tenir compte du commerce de l'électricité.
- Les réponses des pays Membres au questionnaire diffusé par le Groupe de travail de l'OCDE qui a réalisé la présente étude ont constitué la troisième source de données. Quatorze pays ont fourni des données pertinentes et récentes. De façon générale, les résultats de cette étude corroborent la conclusion formulée dans le rapport CEMT (1997) selon laquelle les modes de calcul des données ne sont pas homogènes. Les données recueillies offrent cependant une vue d'ensemble sur les sources d'émission et l'évolution des émissions.

Méthodes d'établissement des données

Conformément aux obligations internationales, les pays sont tenus d'indiquer les rejets de CO₂ des différentes sources d'émission. L'obligation d'établir des rapports est inscrite dans la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (CPATLD) de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et dans la décision 93/389/CEE du Conseil relative à un mécanisme de surveillance des émissions de CO₂ et des autres gaz à effet de serre dans la Communauté.

Conformément aux lignes directrices de la CCNUCC, les Parties préparent et mettent régulièrement à jour des inventaires nationaux qui doivent être exacts, complets, comparables et transparents. La qualité des inventaires revêt une importance déterminante lorsque les pays en viennent à l'application d'engagements juridiquement contraignants. L'une des méthodes d'évaluation de la qualité des inventaires consiste à effectuer des comparaisons entre les inventaires, méthodologies et données de base. Il est également possible de comparer les estimations des émissions de CO₂ de l'AIE aux informations communiquées par les pays au Secrétariat de la CCNUCC. Les problèmes relatifs aux méthodologies, données de base ou coefficients d'émission deviennent ainsi apparents. Il convient toutefois d'interpréter avec prudence les résultats des recoupements, car il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les estimations de l'AIE peuvent différer des informations communiquées par un pays. Une comparaison récente entre les estimations de l'AIE et les communications nationales a mis en lumière que, pour la plupart des parties visées à l'Annexe I, il existait un écart allant jusqu'à 5 %.

Les émissions annuelles de CO₂ dégagées par les transports routiers et les émissions par types de véhicules et de carburants figurent parmi les données d'émission qui doivent être fournies. Pour être en mesure d'expliquer les émissions de CO₂ des transports routiers, il est utile de les ventiler par types de véhicules et de carburants. Les répartitions peuvent être calculées à l'aide de modèles d'émissions. L'Agence européenne pour l'environnement (AEE) et le Centre thématique européen des émissions atmosphériques (CTE/EA) incitent et aident les pays à rapporter de façon homogène les émissions de CO₂ et autres rejets gazeux à l'aide de modèles d'émissions (AEE, 1997).

Les modèles de prévision des émissions élaborés au niveau national sont souvent fondés sur l'étroite corrélation qui existe entre les émissions de CO₂ des transports routiers et la consommation de carburants. En fait, les émissions de CO₂ sont fonction de la teneur en carbone des carburants (Bang *et al.*, 1999). Par conséquent, on obtient une estimation satisfaisante des émissions Q (grammes de CO₂) d'un véhicule en multipliant sa consommation de carburant m (exprimée en grammes) par un coefficient d'émission q (grammes de CO₂/gramme de carburant). Le tableau 4 présente la teneur moyenne en dioxyde de carbone de quelques types de carburants.

Tableau 4. Coefficient d'émission de quelques types de carburants
(grammes de CO₂/gramme de carburant)

Essence	3.13
Gazole	3.17
GPL (propane et butane)	3.00
GNC (gaz naturel comprimé)	2.75
<i>Source</i> : Bang <i>et al.</i> (1999, p. 21).	

Part des transports dans les émissions nationales de CO₂

La contribution (en pourcentage) des transports aux rejets de CO₂ issus de la combustion des carburants oscille entre 8 et 38 % dans les pays objets de l'étude. Les émissions de CO₂ non imputables aux transports proviennent de sources fixes (par exemple secteur résidentiel, incinération des déchets) et des processus industriels. L'ampleur de cette variation tient à la diversité des substrats économiques et des caractéristiques géographiques et démographiques.

Ainsi, en Suisse, la part très élevée des transports dans les émissions nationales de CO₂ est due à l'absence d'industrie lourde et à la production hydraulique de l'électricité. En outre, l'écart entre la quantité de carburants vendus et la quantité de carburants brûlés n'y est pas négligeable et est, par définition, attribué aux achats de carburants automobiles des consommateurs frontaliers ou de carburants de soute. Cette hypothèse est corroborée par les importantes différences de prix entre la Suisse et ses voisins (l'essence y étant moins chère et le carburant Diesel plus cher), qui se traduisent par des exportations (OFEFP, 1997). En raison du faible prix de l'essence, les frontaliers français et du nord de l'Italie viennent remplir leur réservoir en Suisse, tandis que le phénomène inverse se produit pour le gazole, les camions suisses faisant le plein en France.

L'un des pays sur lesquels n'a pas porté l'étude – l'Inde – a connu une très forte progression des émissions de CO₂ liées aux transports. Dans ce pays, la croissance du réseau routier entre 1985 et 1991 a atteint 21 %. Selon une étude du *Tata Energy Research Institute* (TERI, 1996), les émissions de CO₂ issues de la combustion des produits pétroliers y ont représenté environ 10 % des émissions nationales de CO₂ dues à la combustion d'énergie fossile en 1991-1992.

Émissions de dioxyde de carbone dues aux transports routiers

55 à 99 % des émissions de CO₂ émanant des transports sont dues au transport routier. Les données révèlent que, dans la plupart des pays, le rapport entre les émissions de CO₂ des transports routiers et celles des autres modes de transport est relativement stable. Certains pays, toutefois, enregistrent des

tendances différentes. Dans certaines parties de l'ex-URSS les émissions dues aux transports sont en recul en raison de la dislocation de l'Union soviétique et de la régression de l'activité économique. Une réorientation des transports vers la route a, dans plusieurs cas, engendré une hausse de la part des transports routiers dans les émissions globales, celle-ci témoignant de la chute très accentuée des émissions issues des autres modes de transport. Une tendance à l'accroissement de la part relative des transports routiers dans le secteur des transports est manifeste en Pologne, Lituanie, Lettonie et Russie, où l'on a enregistré, respectivement, les augmentations suivantes : 59 à 70 % (1990-1994), 77.5 à 84.6 % (1990-1993), 78.5 à 90 % (1990-1995) et 62 à 73 % (1990-1995). Dans tous ces pays, hormis la Pologne, les émissions de CO₂ des transports routiers ont néanmoins fléchi, ce recul étant encore plus prononcé pour les autres modes de transport. La constitution de plusieurs petits États, au nouveau tissu économique, a engendré une réduction du transport ferroviaire des matières premières pondéreuses, du pétrole et du charbon, qui précédemment étaient les principaux produits transportés par rail dans ces pays.

Pour des raisons de simplicité et de commodité de présentation, l'évolution des émissions de CO₂ des transports routiers a été examinée par groupes de pays (groupes 1 à 6), définis en fonction des émissions de CO₂ libérées par la combustion des carburants en 1999 (graphique 3). Le groupe 1 représente les niveaux d'émissions de CO₂ les plus faibles – de 0 à 8 millions de tonnes – et le groupe 6, les émissions supérieures à 200 millions de tonnes. Comme le mettent en évidence le graphique 3 et le tableau 5, les émissions de CO₂ des transports routiers se sont développées dans la plupart des pays au cours de la période 1990-1999.

Au cours de la période 1990-99, le taux de croissance globale des émissions de CO₂ dues au transport routier s'est établi à 18.6 % pour les pays de l'Union européenne, 22.7 % pour la région OCDE, 35.5 % pour les pays non membres de l'OCDE et 26.3 % pour l'ensemble des pays. (Voir les données détaillées en appendice B.) Parmi les 34 pays présentés dans le tableau 5 (les pays de l'ex-URSS étant considérés comme un seul pays), 16 présentent des hausses égales ou supérieures à 20 %. Les émissions sont en recul dans trois régions : Bulgarie, Roumanie et l'ex-URSS. Dans ces derniers pays, la régression des émissions est imputable à la récession de l'activité économique.

Dans une perspective globale, toutefois, le nombre de pays dont les émissions sont en augmentation ou en diminution est moins significatif que la masse des émissions dont sont responsables ces pays. A cet égard, les pays des groupes 5 et 6 ont un impact disproportionné sur les émissions totales. Entre 1990 et 1999, le transport routier de ces pays a émis en moyenne 2.2 milliards de tonnes de CO₂ par an, soit 60 % des émissions mondiales.

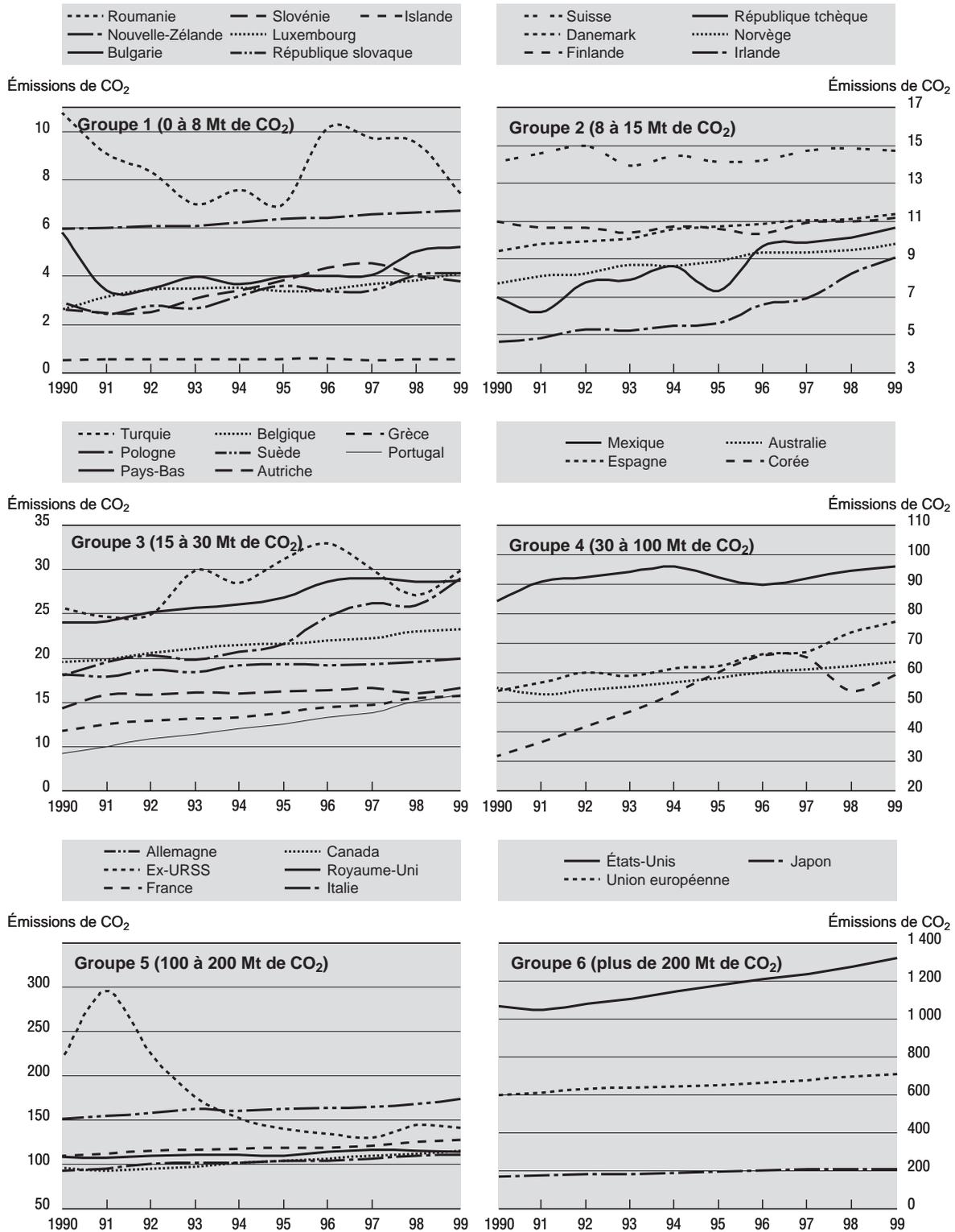
Perspectives par rapport aux objectifs du protocole de Kyoto

Le protocole de Kyoto ne prévoit nullement une réduction des émissions du secteur des transports qui, dans chaque pays, serait proportionnelle à l'engagement global de réduction auquel a souscrit ce pays dans le cadre dudit protocole (en d'autres termes, qu'un pays doit abaisser de 7 % les émissions issues du secteur des transports si son objectif global de réduction est de 7 %). Toutefois, les performances du secteur des transports comparées à l'objectif global de réduction d'un pays permettent d'évaluer la contribution relative de ce secteur. En raison de la progression récente des émissions des transports routiers dans les pays Membres, considérés globalement, il semble difficile que le secteur des transports puisse concourir à la réalisation des objectifs d'émission de CO₂ fixés pour l'ensemble de l'économie.

Part du transport routier de marchandises dans les émissions de CO₂

La part que représentent les transports routiers de marchandises dans les émissions de CO₂ est une question importante tant du point de vue de la recherche que des mesures à mettre en œuvre. Selon les données fournies par les membres du Groupe de travail de l'OCDE, elle varie entre 13 et 40 % selon les pays (comparée aux émissions totales de CO₂ du transport routier). Il existe malheureusement des incertitudes sur la façon dont les divers pays classent les véhicules de transport de marchandises. Il est donc très difficile, du fait de l'hétérogénéité des données, de comparer les émissions de CO₂ dues au transport de marchandises dans les divers pays. Les tentatives de ventilation des émissions

Graphique 3. Émissions de CO₂ produites par la combustion des carburants des transports routiers, 1990-99



Source : AIE.

Tableau 5. Émissions de CO₂ dues aux transports routiers

	Évolution des émissions de CO ₂ dues au transport entre l'année de référence et 1999 ¹	Évolution des émissions de CO ₂ dues au transport routier entre l'année de référence et 1999 ¹	Part du transport routier dans les émissions de CO ₂ dues au transport	Objectif national d'émissions de CO ₂ (%) par rapport au niveau de l'année de référence dans le cadre du Protocole de Kyoto
Allemagne	+11.5 %	+14.9 %	97 %	-21.0 %
Australie	+16.9 %	+16.3 %	88 %	8.0 %
Autriche	+16.4 %	+15.4 %	95 %	-13.0 %
Belgique	+21.2 %	+18.8 %	94 %	-7.5 %
Bulgarie	-17.4 %	-24.3 %	92 %	-8.0 %
Canada	+21.8 %	+20.2 %	76 %	-6.0 %
Corée	+87.2 %	+85.6 %	73 %	
Danemark	+6.6 %	+20.6 %	91 %	-21.0 %
Espagne	+39.9 %	+44.3 %	86 %	15.0 %
États-Unis	+18.9 %	23.8 %	83 %	-7.0 %
Ex-URSS	-27.3 %	-35.9 %	60 %	0.0 % pour la Russie et l'Ukraine, -8.0 % pour l'Estonie, la Lettonie et la Lituanie
Finlande	+4.2 %	+2.2 %	91 %	0.0 %
France	+17.6 %	+16.9 %	94 %	0.0 %
Grèce	+29.0 %	+34.8 %	80 %	25.0 %
Hongrie	+10.0 %	+22.5 %	96 %	-6.0 %
Irlande	+94.2 %	+95.0 %	94 %	13.0 %
Islande	0.0 %	+7.5 %	92 %	10.0 %
Italie	+17.5 %	+19.1 %	98 %	-6.5 %
Japon	+25.6 %	+24.6 %	89 %	-6.0 %
Luxembourg	+58.5 %	+56.3 %	98 %	-28.0 %
Mexique	+13.4 %	+14.3 %	98 %	
Norvège	+18.6 %	+26.6 %	75 %	1.0 %
Nouvelle-Zélande	+36.2 %	+12.9 %	55 %	0.0 %
Pays-Bas	+18.2 %	+19.4 %	92 %	-6.0 %
Pologne	+23.4 %	+40.1 %	97 %	-6.0 %
Portugal	+70.8 %	+71.7 %	94 %	27.0 %
Rép. slovaque	+43.5 %	+41.1 %	98 %	-8.0 %
Rép. tchèque	+57.6 %	+51.9 %	93 %	-8.0 %
Roumanie	-16.5 %	-18.5 %	84 %	-8.0 %
Royaume-Uni	+7.5 %	5.4 %	87 %	-12.5 %
Slovénie	+64.1 %	+45.5 %	99 %	-8.0 %
Suède	+8.4 %	+10.1 %	90 %	4.0 %
Suisse	+3.1 %	+4.0 %	97 %	-8.0 %
Turquie	+19.5 %	+16.7 %	89 %	
Région				
15 pays de l'UE	17.6 %	18.6 %	93 %	-8.0 %
Pays Membres de l'OCDE	+20.3 %	+22.7 %	86 %	
Non OCDE	29.5 %	+35.5 %	84 %	
Monde	22.7 %	+26.3 %	74 % ²	

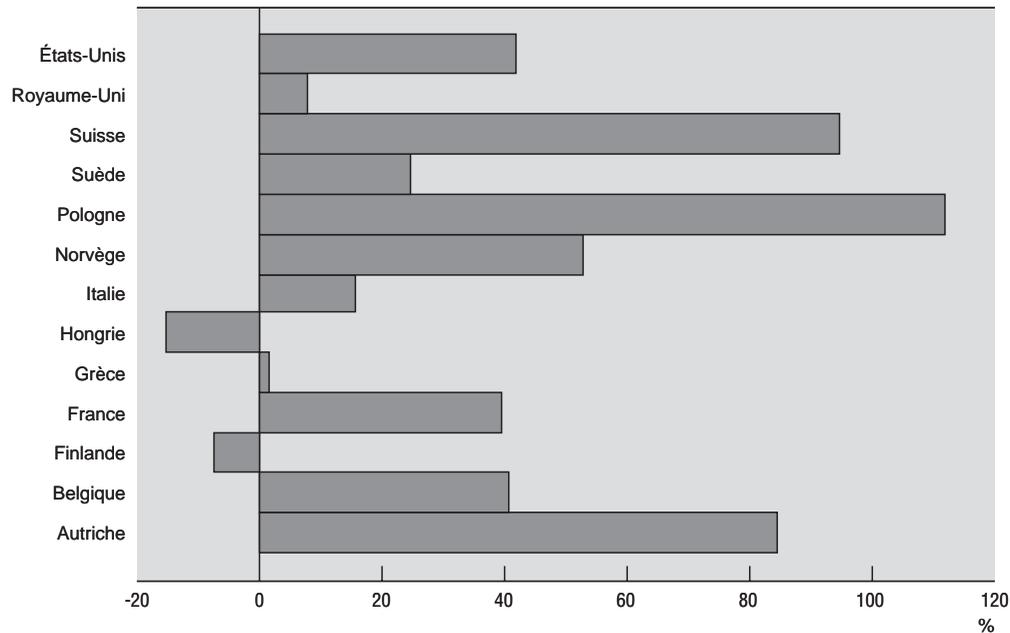
1. L'année de référence est 1990 pour tous les pays, sauf la Bulgarie (1988), la Hongrie (moyenne sur 1985-87), la Pologne (1988), et la Roumanie (1989).

2. Inclut les émissions de CO₂ des soutes maritimes et aéronautiques.

Source : AIE (2001).

de CO₂ des transports routiers entre transport de passagers et transport de fret se heurtent aux mêmes difficultés. La principale cause de ce problème est qu'un grand nombre de véhicules peuvent être utilisés tout à la fois pour le transport de passagers et le transport de marchandises. L'examen des données présentées dans l'étude de la CEMT (1997) et de celles collectées par le Groupe de travail sur la période 1990-1997 révèle que quelque 20 à 30 % des émissions de CO₂ des transports routiers peuvent être attribuées au transport de marchandises dans les États de l'ouest de l'Union européenne, en Suisse, en Norvège, aux États-Unis, au Canada et en Australie.

Graphique 4. **Évolution du transport routier de marchandises, 1990-1997**
(pourcentage de variation calculé sur les tonnes-kilomètres)



Sources : BICAR, CEMT (1999), Bureau des statistiques de transport des États-Unis (1999).

Le graphique 4 présente le pourcentage de variation du transport routier de marchandises, mesuré en milliards de tonnes-kilomètres, sur la période 1990-1997. Pour les pays représentés sur ce graphique, ce pourcentage est compris entre - 7 % (Finlande) et + 112 % (Pologne), l'augmentation globale atteignant 37 %.

Conclusions

- Les émissions totales de CO₂ de toutes origines sont en progression dans tous les pays de l'OCDE et augmentent encore plus rapidement dans les pays en développement, particulièrement dans les pays nouvellement industrialisés (par exemple l'Inde).
- La part relative des transports dans les émissions totales de CO₂ a augmenté de façon globale sur la période 1990-1995.
- Les données des pays de l'OCDE ne sont pas comparables, mais il apparaît que la part du transport de marchandises dans les émissions de CO₂ croît par rapport à celle du transport de passagers.

Le Protocole de Kyoto fixe comme objectif aux pays visés à l'Annexe I une réduction moyenne des émissions agrégées de gaz à effet de serre de 5.2 % par rapport au niveau de 1990. Il ressort des tendances dégagées ci-dessus qu'il sera extrêmement ambitieux pour les pays de l'OCDE de parvenir d'ici à 2012 à des réductions notables des émissions de CO₂ émanant du transport routier qui pourrait contribuer de manière proportionnelle à la réduction globale des émissions de CO₂.

RÉFÉRENCES

- AIE (2001),
Émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie, 1971-1999, Agence internationale de l'énergie, OCDE, Paris.
- AIE (2000),
World Energy Outlook. 2000, Agence internationale de l'Énergie, OCDE, Paris.
- Australian Greenhouse Office (2001),
National Greenhouse Gas Inventory – Analysis of Trends and Greenhouse Indicators 1990-99. Canberra.
- Bang, J., K. Flugsrud, S. Holtskog, G. Haakonsen, S. Larssen, K.O. Maldum, K. Rypdal and A. Og Skedsmo (1999),
Utslipp fra vegtrafikk i Norge-Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Statens Forurensningstilsyn, Oslo.
- CEMT (1997),
Émissions de CO₂ et transports, Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT), OCDE, Paris.
- CEMT (1999),
Évolutions des transports, 1970-1997, Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT), OCDE, Paris.
- EEA (1997),
COPERT II, Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport, Methodology and Émission Factors, Technical Report No. 6, European Environmental Agency.
- FEOfL (1997),
Greenhouse Gas Inventory 1995, Second National Communication of Switzerland 1997, Federal Office of Environment, Forests and Landscape, Berne, avril.
- TERI (1996),
CO₂ Mitigation and the Indian Transport Sector, Tata Energy Research Institute.
- US Bureau of Transportation Statistics (1999),
National Transportation Statistics, BTS, US Department of Transportation.
- US-EIA (2000),
International Energy Outlook, 2000, US Department of Energy, Energy Information Administration.

POLITIQUES ET MESURES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DUES AUX TRANSPORTS ROUTIERS

Ce chapitre présente les types de politiques et mesures mises en œuvre par la communauté internationale et par les pays de l'OCDE pour réduire les émissions de CO₂ du secteur des transports. Il n'offre pas une évaluation approfondie des stratégies des pays, mais se propose de donner un aperçu des éventails de mesures adoptées dans les pays.

Actions internationales de réduction des émissions de gaz à effet de serre

Convention-cadre des Nations Unies et Protocole de Kyoto – Législations nationales

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est une convention internationale qui s'attaque au problème des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'objectif ultime de la CCNUCC est de stabiliser les concentrations atmosphériques des GES à un niveau qui préviendrait les perturbations anthropiques dangereuses du système climatique.

La CCNUCC a été adoptée en mai 1992 et était ratifiée par 186 parties en septembre 2000. Sept Conférences des parties ont été réunies, la plus récente d'entre elles s'étant tenue à Marrakech (Maroc) en novembre 2001.

Le Protocole de Kyoto (voir ci-dessous) a été adopté à la Troisième Conférence des parties, qui s'est déroulée à Kyoto, en décembre 1997. Plusieurs questions relatives à l'application de ce protocole sont présentement en cours de discussion, notamment celles ayant trait à l'instauration d'un cadre qui permette aux pays en développement de réduire leurs émissions de GES et favorise la conception et la mise en place de « mécanismes de développement propre ». Les pays qui ont ratifié la CCNUCC se sont engagés à :

- Établir des inventaires nationaux des émissions de tous les GES.
- Élaborer, appliquer, diffuser et mettre à jour des programmes nationaux de mesures visant à atténuer les changements climatiques.
- Promouvoir et coopérer au développement, à la mise en œuvre et à la diffusion de technologies, pratiques et procédés qui permettent de maîtriser, réduire ou prévenir les émissions anthropiques de GES dans tous les secteurs intéressés.

Protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto, qui définit les engagements des parties visées à l'Annexe I de la Convention-cadre sur les changements climatiques, a été adopté lors de la Troisième Conférence des parties à la CCNUCC, qui s'est déroulée à Kyoto, en décembre 1997. En décembre 2001, 84 parties avaient signé le Protocole de Kyoto parmi lesquelles 26 l'avaient ratifié ou approuvé. En outre, 20 autres parties ont depuis adhéré au Protocole (pour plus d'information, voir : <http://unfccc.int/resource/convkp.html>).

Le Protocole de Kyoto assigne les responsabilités suivantes aux parties :

- Faire en sorte que leurs émissions de GES au cours de la période 2008-2012 ne dépassent pas les quantités qui leur ont été attribuées.
- Accomplir, d'ici à 2005, des progrès, dont ils pourront apporter la preuve, dans l'exécution de leurs engagements au titre du Protocole.
- Mettre en œuvre et/ou élaborer des politiques et mesures, tenant compte de leur situation nationale, qui leur permettent d'atteindre leurs engagements chiffrés en matière de limitation ou de réduction des émissions.

En application du Protocole de Kyoto, tous les pays concernés sont engagés dans des politiques visant une réduction globale des émissions de GES, et notamment des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄). Des objectifs ont été fixés pour plusieurs pays sous forme d'une réduction en pourcentage (pour certains pays d'une stabilisation ou d'une légère augmentation) de leurs émissions de GES, exprimées en équivalent CO₂, par rapport au niveau de 1990.

Dans chaque pays, tous les secteurs consommant des combustibles fossiles – industrie, énergie et transports notamment – sont concernés. Une première évaluation fait ressortir que, selon les pays, les transports sont responsables de 8 à 40 % des émissions nationales de CO₂.

La part des transports routiers dans les émissions totales oscille entre 10 et 35 %. Depuis la signature du Protocole de Kyoto, plusieurs pays ont mis en œuvre des politiques axées sur la limitation des émissions du secteur des transports routiers, les mesures adoptées portant généralement sur la technologie et l'utilisation des véhicules.

Législations nationales visant la prévention du réchauffement de la planète

Les pays Membres qui ont participé à la présente étude ont voté des lois et mis au point des combinaisons de mesures destinées à prévenir le réchauffement global. Dans la plupart des pays, des taxes importantes sur les carburants, en vigueur depuis de nombreuses années, agissent pour encourager un transport routier plus efficace et, par conséquent, pour restreindre les émissions de CO₂. En outre, la législation des pays intègre des lois expressément conçues pour réduire les GES. Les divers pays estiment que les lois ayant un effet indirect sur la réduction des GES font partie de leur politique de prévention du réchauffement global.

Mesures directes

Parmi les pays qui ont participé à l'étude et qui ont voté une législation spécifiquement destinée à prévenir le réchauffement global, citons la France, le Japon, la Norvège et la Suisse. Les législations française, japonaise et suisse définissent un cadre général de lutte contre le réchauffement global, tandis que la législation norvégienne vise à réduire les émissions de CO₂ par le biais d'une taxe sur les émissions de CO₂. Voici quelles sont ces lois :

- *France* : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi LAURE).
- *Japon* : Loi relative à la promotion de mesures destinées à combattre le réchauffement global ; Politique de base relative aux mesures destinées à lutter contre le réchauffement global.
- *Norvège* : taxe sur les émissions de CO₂.
- *Suisse* : Loi sur la protection de l'environnement.

Mesures indirectes

D'autres lois et mesures mises en œuvre afin d'encourager la production d'automobiles économes en énergie ou de fluidifier la circulation réduisent les effets des GES. En voici des exemples :

- *Automobiles économes en énergie*. Exemples – Canada : réglementation des émissions des véhicules ; Japon : Loi relative à la conservation de l'énergie ; Pays-Bas : fiscalité différentielle sur les carburants destinée à favoriser l'utilisation des carburants à faibles émissions de CO₂, limitation

des vitesses de conduite ; Norvège : taxe sur l'acquisition de véhicules ; Royaume-Uni : taxe d'accise sur les véhicules modulée en fonction de leurs émissions de CO₂ ; États-Unis : programme CAFE de consommation moyenne de carburant par constructeur automobile, taxe sur les véhicules « énergivores », Loi relative aux carburants moteurs alternatifs.

- *Taxes sur les carburants* comme en Australie, en Corée, en Suisse, au Royaume-Uni et dans d'autres pays (au Royaume-Uni, concernant la fiscalité différentielle sur les carburants, le Chancelier a annoncé en 1999 dans son rapport sur la préparation du budget que le niveau des taxes sur les carburants serait fixé en fonction de chaque budget, ce qui est toujours la politique actuelle).
- *Mesures destinées à fluidifier le trafic* comme en Australie, en Corée, au Japon, en République tchèque, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et aux États-Unis.

Catalogue des mesures en vigueur

Amélioration du rendement énergétique des carburants

Législations nationales

Plusieurs pays ont voté des lois destinées à améliorer le rendement énergétique des carburants pour véhicules. Aux États-Unis, le programme CAFE en constitue un exemple. Il exige des constructeurs de voitures particulières et véhicules utilitaires légers que la consommation moyenne de carburant des véhicules neufs de leur flotte s'établisse en deçà d'un certain seuil. La Loi relative à la politique et à la conservation de l'énergie a été votée par le Congrès en 1975 et fait obligation aux constructeurs automobiles de respecter des normes de consommation de carburant qui étaient de 13.1 litres aux 100 km (18 miles par gallon) en 1978 et sont passées à 8.61 l/100 km (27.5 miles par gallon) en 1985. Les normes de consommation pour les poids lourds ont été fixées par voie réglementaire par le ministère des Transports.

Le non-respect de ces normes était passible d'une amende de USD 50 par mile par gallon (mpg) au-dessous des normes sur chaque voiture vendue. Les constructeurs avaient la possibilité d'obtenir des crédits lorsque la consommation des voitures produites était inférieure à la valeur limite, ces crédits pouvant être reportés sur les trois années précédentes ou les trois années suivantes afin de contrebalancer une consommation moyenne supérieure à la norme. Entre 1986 et 1989, ces normes ont été assouplies pour les voitures en raison de l'effondrement des prix du pétrole, qui a réduit la demande de véhicules économes en carburant. Les normes de consommation pour les véhicules utilitaires légers ont été fixées à environ 11.5 ± 0.3 l/100 km (20.5 ± 0.5 mpg) au cours des 15 dernières années.

En 1999, le Japon a modifié sa Loi relative à l'utilisation rationnelle de l'énergie pour renforcer la rigueur des normes de rendement énergétique des voitures particulières et véhicules utilitaires légers à essence et pour étendre le champ d'application de cette loi aux véhicules Diesel. Selon les estimations, ces normes devraient réduire les émissions moyennes de CO₂ des véhicules essence neufs (voitures et camions) d'environ 21 % d'ici à 2010 et celles des véhicules Diesel d'environ 13 % d'ici à 2005. Le non-respect de ces normes de rendement énergétique est éventuellement passible d'amendes.

Engagements volontaires

La stratégie de réduction des émissions de CO₂ des voitures particulières engagée par l'Union européenne a pour objectif de ramener les émissions de CO₂ des voitures particulières neuves à 140 g/km d'ici à 2005 ou 2010 au plus tard. Ce chiffre représente une réduction d'un tiers du taux d'émission des voitures particulières neuves mesuré en cycles d'essai officiels. L'essentiel de cette réduction sera atteint par le biais des engagements volontaires des constructeurs automobiles européens, japonais et coréens auprès de la Commission européenne, lesquels prévoient une limitation des émissions moyennes de CO₂ à 140 g/km d'ici 2008-2009 (soit un recul d'environ 25 %). Il convient toutefois de noter que la Commission européenne recommande de façon pressante que les constructeurs proposent, d'ici à 2005, de nouveaux modèles de voiture particulière dont les émissions moyennes de CO₂ soient égales ou inférieures à 120 g/km. La Commission européenne met en place un

système de surveillance destiné à fournir des informations objectives sur les émissions de CO₂ des voitures particulières, qui permettra de contrôler l'exécution des engagements et de réexaminer ces derniers à la date cible intermédiaire de 2003-2004.

La convention conclue entre le ministère de l'Environnement italien et FIAT constitue un autre exemple de ce type d'engagements. En 1997, le groupe FIAT a entrepris de réduire les émissions moyennes de sa nouvelle flotte de véhicules à 145 g/km d'ici à 2005 et à 136 g/km d'ici à 2010. La convention a également pour but d'encourager le développement et l'utilisation des véhicules à énergie alternative (véhicules électriques, hybrides, au gaz naturel ou à biocarburant), qui ont un impact moindre sur l'environnement, et de garantir que les véhicules anciens ne nuisent pas à l'environnement.

Mesures fiscales

De nombreux pays ont mis en place des mesures fiscales pour inciter les consommateurs à acheter des voitures plus économes en carburant, à se servir moins souvent de leur voiture et à adopter un style de conduite qui réduise la consommation de carburant.

Le Royaume-Uni a introduit en mars 2001 une taxe annuelle différentielle sur les automobiles neuves (taxe d'accise sur les véhicules). Les automobiles sont classées dans quatre catégories de taux d'émission de CO₂. Celles qui utilisent des carburants moins polluants ou une technologie alternative (dans un premier temps, il s'agira des voitures hybrides et des voitures au gaz naturel, à bicarburant et à deux carburants) bénéficieront d'une réduction. Au sein de chaque catégorie, les véhicules Diesel doivent acquitter une surtaxe en raison de leur taux supérieur d'émission de matières particulaires et autres polluants préjudiciables à la qualité de l'air local.

Les voitures déjà en circulation à cette date seront divisées en deux groupes selon la puissance de leur moteur (celle-ci tenant lieu d'indicateur approximatif des émissions de CO₂). Celles de cylindrée égale ou inférieure à 1 549 cm³ bénéficieront d'un taux de taxation moins élevé.

Autres mesures

Le Canada a mis en place le programme d'étiquetage EnerGuide élaboré conjointement par les pouvoirs publics et l'industrie. Dans le cadre de ce programme, les constructeurs automobiles apposent volontairement sur les véhicules neufs proposés à la vente une étiquette précisant la consommation de carburant. L'étiquette indiquera la consommation estimée du véhicule en carburant ainsi que le coût du carburant sur 20 000 kilomètres. Les consommateurs pourront ainsi comparer la consommation moyenne de carburant, en ville et sur route, des voitures de tourisme, camionnettes et véhicules utilitaires légers et apprécier les avantages respectifs des divers véhicules en matière d'économie potentielle sur les carburants et de respect de l'environnement.

Cette initiative est couplée à un Guide de consommation de carburant qui donne aux consommateurs des informations sur l'efficacité énergétique de tous les véhicules (voitures particulières et véhicules utilitaires légers neufs).

Récapitulatif des mesures portant sur le rendement énergétique des carburants

Le tableau 6 présente des exemples de mesures visant une réduction de la consommation de carburant des véhicules.

Gestion de la demande de circulation routière

Amélioration du débit de trafic

Diverses politiques ont été adoptées dans le cadre de la mise en œuvre des systèmes de transport intelligents pour fluidifier la circulation et réduire la congestion du trafic. Elles peuvent favoriser une réduction des émissions de CO₂ dans la mesure où celles-ci sont plus élevées lorsque les véhicules roulent à faible vitesse et effectuent d'innombrables départs/arrêts.

Tableau 6. Mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique des véhicules

	Normes de consommation de carburant	Taxes liées à la consommation de carburant	Programme de renouvellement du parc automobile	Programme d'étiquetage
Australie	Stratégie environnementale pour l'industrie automobile			Stratégie environnementale pour l'industrie automobile
Canada	Initiative sur l'efficacité du carburant des véhicules automobiles	Taxe d'accise sur « les automobiles énergivores »	Programmes Le bon sens au volant et Écoflotte	Programme d'étiquetage EnerGuide
Corée	Objectifs de rendement énergétique des carburants			Classification de l'efficacité énergétique des véhicules
États-Unis	Normes de consommation moyenne de carburant par constructeur (programme CAFE – Corporate Average Fuel Efficiency)	Taxe sur les véhicules « énergivores »		
France	Engagement volontaire de l'ACEA auprès de la Commission européenne Contrôle technique du niveau d'émission des camions, voitures particulières, etc.		Programme de mise au rebut (1993-1995)	
Hongrie		Restriction à l'importation des véhicules d'occasion par le biais des réglementations douanière et fiscale	Programme national de mise au rebut et de renouvellement du parc	
Italie	Engagement volontaire de l'ACEA auprès de la Commission européenne Engagement volontaire de FIAT	Taxe sur les produits de luxe proportionnelle à la cylindrée du moteur	Initiatives destinées à améliorer l'efficacité énergétique du parc automobile, etc.	
Japon	Loi sur la conservation de l'énergie			
Norvège		Taxe sur les émissions de CO ₂ des moteurs essence et Diesel. Le prix des véhicules neufs intègre une taxe calculée en fonction du poids du véhicule, de la cylindrée du moteur et de sa puissance	Programme national de mise au rebut (1996)	
Pays-Bas	Engagement volontaire de l'ACEA auprès de la Commission européenne			Système d'étiquetage de l'efficacité énergétique des carburants
République tchèque	Limites d'émission des polluants pour les véhicules routiers à moteur neufs, etc.			
Royaume-Uni	Engagement volontaire de l'ACEA auprès de la Commission européenne	Taxe d'accise annuelle sur les véhicules modulée en fonction des émissions de CO ₂		Information des consommateurs
Suisse	Réduction de la consommation spécifique des véhicules routiers	Loi sur les émissions de CO ₂ . La taxe sur les émissions de CO ₂ devra être appliquée si l'objectif de réduction (-8 % entre 1990 et 2010) n'est pas atteint		En préparation

De nombreuses villes aux États-Unis ont adopté un système de régulation et de synchronisation des feux de circulation. Les retentissements sur la consommation de carburant ont été évalués au moyen d'un modèle de simulation intégrant les temps de parcours, le nombre d'arrêts et des observations en laboratoire sur la consommation de carburant. En Californie, les estimations portant sur la modification des feux de circulation de 3 172 carrefours font état d'un recul de la consommation de carburant de 8.6 %.

Toutefois, une expérience similaire de synchronisation des feux de circulation, réalisée à Niort (France), a produit des résultats inverses. L'augmentation de la vitesse moyenne de circulation a engendré une poussée du trafic de près de 7 %, soit une augmentation de la consommation globale de carburant de près de 6 %. Les raisons de l'hétérogénéité des résultats des modèles de simulation sont abordées de façon plus détaillée au chapitre 4.

Un projet d'aménagement des infrastructures a été réalisé dans un quartier très encombré de Tokyo (Japon), aux points d'intersection des voies ferrées et des routes à grande circulation. Il a permis de presque doubler la vitesse de circulation et, selon les estimations, de réduire les rejets de CO₂ d'environ 12 000 tonnes par an.

Diverses autres mesures axées sur la fluidité du trafic ont été prises dans plusieurs pays. Elles portent notamment sur :

- Une réduction de l'engorgement du trafic aux heures de pointe (décalage des horaires de travail, par exemple).
- Les péages automatiques.

Réduction de la demande de transport

Les mesures fiscales constituent pour les pouvoirs publics un important instrument de réduction de la demande de transport. Ainsi, en janvier 2000, le gouvernement français a annoncé l'introduction d'un nouveau programme de réduction des émissions de CO₂ issues des transports. Celui-ci prévoit notamment l'instauration d'une nouvelle écotaxe sur les carburants, qui atteindra EUR 0.0534/litre d'ici à 2010.

En Norvège, la taxe nationale sur les émissions de CO₂, en vigueur depuis 1991, s'applique à presque 60 % des émissions totales de CO₂. Le trafic maritime international et les transports de marchandises nationaux en sont exemptés. Selon les estimations norvégiennes, les émissions de CO₂ produites par les sources mobiles des ménages ont régressé de 2 à 3 % par an sur la période 1987-1993.

Le principe de la tarification de l'utilisation des routes ou de la congestion du trafic a fait l'objet d'applications limitées dans certaines grandes villes. Ainsi, en Corée, on estime que la tarification de la congestion (tunnels 1 et 3 de Namsan à Séoul) a réduit le volume du trafic d'un peu moins de 11 % et augmenté la vitesse de circulation d'un peu moins de 50 % depuis deux ans qu'elle est en place.

Réorientations sur d'autres modes de transport

Diverses mesures d'amélioration de la fréquence, de la commodité et de la vitesse des transports publics ont été prises pour inciter les usagers de la route à les emprunter. Leur efficacité sur la réduction des émissions de CO₂ est liée à l'efficacité énergétique des autobus et trains par rapport aux voitures et, en particulier, au coefficient de remplissage des divers modes de transport. La ville de Lyon, en France, s'est fixé divers objectifs pour faire échec à la croissance de l'utilisation des voitures particulières. Elle vise notamment, sur une période de dix ans, à :

- Freiner l'utilisation des voitures privées de 3 %.
- Accroître le recours aux transports publics (de 2 %) et à la bicyclette (de 1 %).
- Abaisser les niveaux de bruit.
- Réduire les accidents de la route de 40 %.

Pour atteindre ces objectifs, Lyon met en place les mesures suivantes :

- Création de nouvelles lignes de tramway.
- Amélioration des services ferroviaires.

- Création d'un réseau de voies cyclables.
- Contrôle du stationnement et réduction de la capacité des artères principales.
- Création de « zones de silence ».
- Maintien du trafic de transit à distance du centre-ville.

Plusieurs pays ont mis en place divers systèmes de parcs-relais. A Osaka, Japon, un projet expérimental a porté sur l'aménagement de 300 places de parking à l'extérieur du centre-ville. Selon les estimations, il a permis un abattement des rejets de CO₂ d'environ 1 400 kg par mois. L'évaluation du projet montre que le système des parcs-relais réduit le trajet automobile de ceux qui se déplaçaient jusque-là uniquement en voiture, mais augmente celui des navetteurs qui décident d'abandonner les transports en commun pour rejoindre ces parcs en voiture.

Pour une description détaillée des mesures de gestion du trafic, voir OCDE (2002).

Technologies et carburants alternatifs

Des technologies et carburants alternatifs, qui peuvent significativement limiter les émissions de CO₂ et les polluants atmosphériques locaux, sont en cours de développement. Plusieurs pays ont adopté des mesures d'incitation propres à favoriser l'adoption des véhicules qui les mettent en œuvre. En voici quelques exemples :

- Incitation fiscale à l'acquisition de tels véhicules.
- Octroi de subventions à la recherche sur les véhicules à propulsion alternative et à leur développement technologique.
- Obligation d'acheter des véhicules à propulsion alternative.

Le Canada a introduit un programme axé sur la mise au point et l'utilisation de carburants moteurs de substitution tels que le propane, le gaz naturel, le méthanol, l'éthanol, l'électricité et l'hydrogène. Ressources naturelles Canada travaille en collaboration avec l'industrie des carburants de transport alternatifs et de grands constructeurs automobiles pour promouvoir les carburants de transport alternatifs (CTA). Ce ministère du gouvernement fédéral œuvre au développement et à la promotion de véhicules à CTA, de kits de conversion des véhicules et de systèmes de recharge, effectue des démonstrations des applications CTA sur les marchés régionaux et se livre à diverses activités de communication (site Web, publications). Ses activités sont orientées vers la présentation des applications d'un bon rapport coût/efficacité.

Les aides à la conversion des véhicules à moteur au gaz naturel accordées par Ressources naturelles Canada depuis 1983 s'étaient traduites par plus de 35 000 conversions en 1994, 25 000 de ces véhicules étant toujours en circulation. En outre, les subventions dispensées depuis 1983 par ce ministère aux stations d'avitaillement en gaz avaient permis la création de 135 stations en 1995. Ce soutien massif au gaz naturel en tant que carburant de transport alternatif a cessé en mars 1997.

Le Japon a pris diverses mesures pour encourager la diffusion des technologies et carburants alternatifs. Elles prennent la forme de primes à l'acquisition et d'investissements dans les infrastructures d'avitaillement. Les ventes de véhicules hybrides s'élevaient ainsi à 37 500 unités en mars 2000.

En 1993, aux États-Unis, les pouvoirs publics et les directeurs généraux des trois grands constructeurs automobiles américains ont annoncé la formation d'un Partenariat en faveur d'une nouvelle génération de véhicules (*Partnership for a New Generation of Vehicles* – PNGV). Il s'agit d'un partenariat librement consenti entre les pouvoirs publics et l'industrie automobile, fondé sur la coopération. Il a pour ambition de concevoir, d'ici à 2004, des véhicules dont le rendement énergétique soit jusqu'à trois fois supérieur à celui des modèles 1994 de voiture familiale (l'objectif de consommation est d'environ 80 miles par gallon, soit 2.9 l/100 km) sans que leur sécurité, leurs performances et leur coût en pâtissent.

Les États-Unis ont récemment annoncé une extension du Partenariat aux véhicules utilitaires légers. Le volet « camions » de ce projet a pour objectif de rendre plus respectueux de l'environnement les véhicules les plus utilisés. A cette fin, les constructeurs automobiles fabriqueraient

de petits camions propulsés à l'électricité et au gazole, combinaison qui, selon certaines estimations, permettrait de réduire la consommation à 4.7 l/100 km (50 miles par gallon).

Les technologies PNGV visent une réduction des gaz à effet de serre de 12 MteC (soit 44 MtCO₂) d'ici à 2010 et de 30 MteC (soit 110 MtCO₂) d'ici à 2020. Les attentes varient en fonction de l'ampleur des ressources déployées et des gains d'efficacité permis par des innovations externes au PNGV. A l'heure actuelle, les pouvoirs publics et l'industrie automobile ont engagé environ USD 6.1 milliards sur les initiatives PNGV, répartis à égalité entre les deux partenaires.

Combinaisons de mesures

La plupart des pays ont adopté une panoplie de mesures dans le cadre d'une stratégie globale de réduction des émissions de CO₂. Le Royaume-Uni a mis en place une combinaison de mesures fiscales et de mesures d'étiquetage à l'appui des engagements volontaires des constructeurs automobiles auprès de la Commission européenne ainsi que des mesures de soutien aux technologies et carburants alternatifs :

- *Engagements volontaires* des constructeurs automobiles européens, japonais et coréens auprès de la Commission européenne.
- *Modulation de la taxe d'accise sur les véhicules* (comme il l'a été décrit ci-dessus).
- *Taxation des véhicules de société* – les véhicules à usage privé fournis par les entreprises à leurs employés sont présentement imposés sur la base du prix total du véhicule, comme si celui-ci constituait un revenu. A partir d'avril 2002, le taux de la taxe, dont l'assiette est constituée par le prix du véhicule, sera déterminé par le niveau des rejets de CO₂. Il sera de 15 % du prix du véhicule lorsque celui-ci émet 165 g/km et augmentera par tranches de 1 % pour tout 5 g/km au-dessus de 165 g/km. Les voitures Diesel feront l'objet d'une imposition supplémentaire de 3 % en raison de la plus forte teneur de leurs émissions en polluants néfastes pour la qualité de l'air.
- *Information des consommateurs* – cette mesure associe les prescriptions de la directive de la Commission européenne relative à un étiquetage obligatoire des véhicules neufs faisant apparaître la consommation en carburant de chaque véhicule à une campagne de sensibilisation du public intitulée « *Are You Doing Your Bit?* » (Et vous, que faites-vous pour l'environnement ?)
- *Programme Powershift* – ce programme du Fonds des économies d'énergie financé par les pouvoirs publics est destiné à favoriser le développement d'un marché des véhicules à carburants propres au Royaume-Uni. Il accorde des primes pour compenser le surcoût des véhicules au gaz ou des véhicules électriques. La phase suivante du programme a commencé à étudier de plus près les avantages environnementaux des technologies hybrides et des technologies à pile à combustible.
- *Programme Energy Efficiency Best Practice (EEBPP)* – ce programme est destiné à améliorer le rendement énergétique des autobus et véhicules de transport de marchandises. Il ressort d'une enquête récente que les entreprises qui avaient suivi les conseils du programme EEBPP avaient réalisé une économie de carburant de 25 % supérieure à celle des entreprises qui n'en avaient pas tenu compte.

Le tableau 7 indique les sources complémentaires d'informations sur les stratégies des pays en matière de lutte contre le changement climatique.

Conclusions

Une vaste panoplie de politiques et mesures sont appliquées pour réduire les émissions de CO₂ liées aux transports routiers dans les pays de l'OCDE. Elles mettent l'accent sur diverses composantes du système de transport. Toutefois, nombre de pays ont des points de vue similaires sur les politiques et mesures susceptibles d'être les plus efficaces en matière de réduction des émissions de CO₂ :

- Mesures fiscales (par exemple, taxes sur les carburants, taxes sur les véhicules) et autres mesures d'incitation pour encourager l'achat de véhicules de meilleur rendement énergétique.
- Engagements volontaires des constructeurs automobiles de réduire la consommation de carburant des véhicules neufs.

Tableau 7. Documents programmatiques sur les stratégies de lutte contre le changement climatique

	Document(s) stratégique(s)	Site Web
Australie	Stratégie nationale de lutte contre les gaz à effet de serre (1998)	www.greenhouse.gov.au/pubs/ngs/ngs.html
Canada	Programme d'action national concernant les changements climatiques (PANCC)	www.ec.gc.ca/climate/resource/cnapcc/indexf.html
États-Unis	Plan d'action contre le changement climatique, octobre 1993 Livre stratégique sur le changement climatique, février 2002	www.whitehouse.gov/news/releases/2002/02/climatechange.html
France	Programme national de lutte contre le changement climatique	www.effet-de-serre.gouv.fr
Hongrie	Programme national d'économies d'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique	
Japon	Lignes directrices relatives aux mesures de lutte contre le réchauffement global	
Norvège	Politique de lutte contre le changement climatique en Norvège, ministère de l'Environnement (avril 1999)	
Pays-Bas	Plan de mise en œuvre de la politique relative au changement climatique	
République tchèque	Politique nationale de l'environnement en République tchèque, Programme de stabilisation et de réduction des émissions de CO ₂ des transports en République tchèque	
Royaume-Uni	Changement climatique : le programme du Royaume-Uni, novembre 2000	www.environment.dtlr.gov.uk/climatechange/cm4913/index.htm
Suisse	Une politique d'infrastructure et de protection de l'environnement axée sur le développement durable. Les grands axes de la stratégie. Loi/stratégie sur la taxation des émissions de CO ₂ -DETEC (Département fédéral de l'Environnement, des Transports, de l'Énergie et de la Communication)	www.uvek.admin.ch

- Taxation de l'utilisation des voiries visant à réduire les émissions de CO₂ par le biais d'une exploitation plus efficace des véhicules de transport.

Les orientations suivies dans de nombreux pays mettent en lumière que les pouvoirs publics privilégient les éventails de mesures qui traitent des problèmes au niveau national et local et incitent tant l'industrie des transports que les usagers des transports à appliquer le concept de durabilité aux transports. Cependant, il existe relativement peu d'exemples de politiques et mesures nationales adoptées par les pouvoirs publics dans le but de renforcer des actions mises en œuvre par les professionnels des transports ou des individus.

Même s'il existe des évaluations *ex post* des expériences locales, la diversité des programmes de mesures et l'hétérogénéité des situations dans les régions, pays et centres urbains, font que des mesures efficaces dans un pays ou une ville ne le seront pas nécessairement en un autre lieu.

Il apparaît également que la majorité des exemples fournis par les pays Membres sont destinés à réduire les émissions de CO₂ des voitures particulières. Une analyse des parts relatives du transport de passagers et du transport de marchandises dans les émissions de CO₂ et de leurs projections de croissance respectives révèle que le transport de marchandises est un secteur particulièrement important qui nécessite la mise en œuvre de mesures spécifiques pour réduire sa contribution projetée aux émissions globales de CO₂ (voir le chapitre 2 à ce propos).

RÉFÉRENCE

OCDE (2002),
La demande de trafic routier : Relever le défi, OCDE, Paris.

MÉTHODES D'ÉVALUATION ET DE MODÉLISATION UN CADRE D'ANALYSE

Ce chapitre s'intéresse aux problèmes que pose l'évaluation des politiques et mesures destinées à réduire les émissions de CO₂. La première partie est consacrée aux questions théoriques et pratiques qu'il convient d'étudier lors de l'estimation de l'impact de telles politiques. Elle comporte trois sections :

- *Limites et incertitudes*, qui traite de certaines des sources d'incertitudes attachées à la modélisation de situations réelles complexes (incertitudes relatives aux données, par exemple).
- *Recouvrement des données*, qui examine certaines des questions clés de méthodologie (effet de rebond et double comptabilisation) qu'il faut intégrer au cadre d'évaluation.
- *Indicateurs*, qui s'intéresse aux paramètres plus généraux à mesurer comme les éventuelles répercussions connexes (non liées aux émissions de CO₂) qui présentent un intérêt pour l'évaluation.

La deuxième partie de ce chapitre examine la façon dont certains pays de l'OCDE se sont servis en pratique de ce cadre théorique et pour ce faire étudie les diverses techniques de modélisation utilisées pour évaluer l'impact des mesures de réduction des émissions de CO₂. Elle offre une vue d'ensemble sur la gamme des techniques et modèles employés. La présente étude met en évidence que si l'impact potentiel des politiques fait souvent l'objet d'une modélisation élaborée, leur évaluation *ex post* est peu fréquente. Ce phénomène tient pour partie à la difficulté d'identifier les effets spécifiques des mesures et au coût de telles évaluations. Une évaluation *ex post* devrait cependant être indissociable de l'effort permanent d'élaboration de politiques et mesures efficaces, d'un bon rapport coût/efficacité. Ce chapitre conclut sur les lacunes des analyses actuelles et aborde le problème persistant des limites imposées par les données ainsi que celui de la prise en compte des effets des mesures sur la totalité de leur cycle de vie.

Cadre d'évaluation de l'impact des mesures de réduction du CO₂

Limites et incertitudes

Tous les modèles d'évaluation utilisés pour estimer l'impact des politiques et mesures sur les émissions de CO₂ comportent de nombreuses incertitudes. Elles proviennent notamment :

- Des difficultés théoriques que suscite la construction d'un modèle d'évaluation.
- Des problèmes de disponibilité et de fiabilité des données.
- De la difficulté qu'éprouvent les pouvoirs publics à quantifier le degré d'application d'une mesure et l'ampleur de son adoption.
- Du caractère imprévisible des évolutions technologiques ultérieures.

Problèmes théoriques attachés à la construction de modèles d'évaluation

Un modèle d'évaluation ne saurait intégrer la totalité des facteurs qui ont des répercussions éventuelles sur le volume des émissions de CO₂ générées par le secteur des transports. Par conséquent, tout modèle d'évaluation constitue une simplification de la réalité. Prenons l'exemple du

calcul de l'effet des déplacements en dehors des heures de pointe sur une réduction des émissions de CO₂, qui est déterminé par un jeu complexe de transactions interdépendantes. Il est impossible d'élaborer un modèle d'évaluation qui reflète avec précision les variations réelles des paramètres suivants : comportement des navetteurs, volume du trafic selon les heures de la journée, nature des flux de circulation au sein d'un réseau global de transport, incidences et conditions de l'engorgement du trafic, vitesse moyenne au cours des déplacements, etc. Du fait des difficultés à simuler la réalité, tout modèle de ce type repose sur de nombreuses hypothèses.

Problèmes liés à la disponibilité et à la fiabilité des données

Toute analyse ou évaluation est conditionnée par la disponibilité des données ; la fiabilité et la qualité de celles-ci fluctuent en fonction des moments auxquels elles ont été recueillies et de leur mode de collecte. Ainsi, des paramètres, tels que le lieu, la durée et la fréquence des observations ont tous une incidence sur les résultats d'une évaluation puisque le volume du trafic, la vitesse de parcours et la durée de congestion du trafic changent chaque jour. Il est cependant de pratique courante de recueillir les données relatives au trafic sur un tronçon spécifique de route, un jour donné. Cette méthode peut engendrer des inexactitudes si le volume annuel du trafic ou le volume du trafic dans une zone plus large ont été estimés à partir d'un échantillon éventuellement biaisé.

Il peut également être difficile d'obtenir un corpus de données dont le niveau de détail soit suffisamment fin pour qu'il soit possible d'apprécier l'impact des politiques sur des secteurs spécifiques des transports, par exemple sur le transport de marchandises. Le coût est souvent le facteur responsable d'une limitation de la taille du corpus de données, mais les problèmes de confidentialité commerciale peuvent également entrer en ligne de compte.

La modélisation des transports s'appuie pour une bonne part sur l'estimation des élasticités pour prédire les changements de comportement qu'engendreront des facteurs tels que le coût et le temps de trajet. Les élasticités sont estimées sur des séries de données transversales ou chronologiques et peuvent varier selon que la modification de comportement étudiée constitue une réponse à court terme ou à long terme. Par exemple, à court terme, une augmentation du prix du carburant peut induire une régression du nombre de déplacements en voiture. A long terme, elle peut inciter les navetteurs à se rapprocher de leur lieu de travail ou d'une station de transport public et ainsi réduire davantage la demande de carburant. Toutefois, ceux-ci peuvent également acquérir une voiture plus économe en carburant. Ce type de véhicule, qui atténue l'impact d'une augmentation des prix des carburants, favorise une augmentation du nombre de kilomètres parcourus (ce phénomène est connu sous le nom d'« effet de rebond » et est abordé dans les paragraphes qui suivent).

Les coefficients d'émission constituent une autre source de limitation de la qualité des données. Ils sont souvent calculés au cours de cycles d'essai spécifiques qui ne représentent pas nécessairement les conditions réelles de conduite. Ils ne sont pas adaptés au calcul des émissions des véhicules circulant à faible vitesse et dans les encombrements.

Difficulté de quantification du degré d'application des mesures et de l'ampleur de leur adoption

Il est malaisé d'estimer avec précision l'impact probable de certaines mesures. L'effet des mesures visant à sensibiliser les conducteurs aux techniques de conduite écoefficientes (par exemple, pression adéquate des pneus, accélérations et freinages progressifs) ou à les inciter à circuler en dehors des heures de pointe dépend d'actions volontaires des citoyens. Il est généralement très difficile de prévoir le nombre de personnes qui vont changer leur comportement du fait de telles mesures et, ultérieurement, d'estimer le nombre de personnes qui l'ont modifié.

Caractère imprévisible des évolutions technologiques ultérieures

Les nouvelles technologies, telles que les automobiles hybrides et à pile à combustible, peuvent considérablement réduire le niveau des rejets de CO₂ par kilomètre parcouru. Il existe toutefois de nombreuses incertitudes quant à leur rapport coût/efficacité – tout particulièrement pour les piles à

combustible – et, par conséquent, quant à leur taux de pénétration dans le parc automobile, qui sera notamment conditionné par l'acceptation des consommateurs.

Recouvrement des données

Il existe diverses façons d'estimer les coûts et avantages des mesures de réduction potentielle des émissions de CO₂. Nous nous proposons ici de présenter certains des problèmes à examiner quelle que soit la technique de modélisation utilisée. Ils ont trait à l'isolation et à l'estimation des avantages et coûts d'une stratégie de réduction des rejets de CO₂ et à l'évaluation de l'impact d'une panoplie de mesures.

Estimation des avantages

Pour estimer l'effet d'une stratégie de réduction des émissions de GES, il faut définir une situation de référence dans le secteur des transports et produire des estimations et prévisions de trafic, de consommation de carburants et d'émissions, en l'absence de toute nouvelle politique. Cette situation de référence est utilisée pour calculer l'effet de la stratégie de réduction des émissions de GES et établir une projection pour l'année cible.

Certaines stratégies de réduction des GES peuvent avoir un effet de rebond. A long terme, la réduction des émissions sera donc moins élevée que ne le prévoyaient les estimations. Ainsi, une mesure qui conduit à une amélioration du rendement énergétique des carburants peut, dans un premier temps, réduire les émissions. Toutefois, un meilleur rendement énergétique diminue le coût au kilomètre, ce qui provoque souvent une poussée de la demande de mobilité. Une partie des réductions d'émissions est donc annihilée par une hausse du nombre de kilomètres parcourus. La question de la meilleure méthode de modélisation des effets de rebond est donc au cœur de toute modélisation des stratégies de réduction des GES. On a souvent recours aux élasticités, déterminées par la recherche empirique, pour estimer l'ampleur de la réponse des consommateurs à l'évolution des prix (et à d'autres paramètres comme le temps de trajet).

L'estimation des coûts/avantages plus généraux que présentent les stratégies de réduction des gaz à effet de serre pose certains problèmes. Nous en traitons ci-après de façon détaillée.

La valorisation monétaire des réductions d'émissions soulève suffisamment de difficultés pour ne pas avoir été couramment retenue dans les modèles standards coûts/avantages. Toutefois, les techniques progressent et les modèles intégrant des estimations en ce domaine deviennent plus nombreux. La valorisation monétaire du temps de trajet ou de la réduction des risques d'accident de transport est plus fréquemment pratiquée.

Estimation des coûts

Pour être en mesure de comparer les estimations coût/efficacité des stratégies de réduction des GES, les coûts doivent être évalués de façon homogène, ce qui suppose l'emploi de concepts et méthodes de valorisation généralement acceptés. Il convient notamment d'utiliser des unités monétaires communes, de calculer des coûts différentiels et de suivre des règles identiques en matière de taxes, redevances, péages et limitation des activités de transport.

- *Unités monétaires communes.* Il est important d'utiliser des unités monétaires communes pour comparer les coûts des diverses stratégies de réduction des GES. Toutes les stratégies pourraient, par exemple, être évaluées en dollars américains constants aux prix de l'année où elles sont entrées en vigueur. Les valeurs futures devraient être exprimées en « valeurs actuelles », calculées à l'aide d'un même taux d'actualisation.
- *Coûts différentiels et coûts complets.* Le coût estimé d'une stratégie de réduction des GES doit uniquement intégrer les coûts qui lui sont imputables, mais doit aussi comprendre la totalité des coûts qu'elle impose, notamment au secteur privé et aux usagers des transports.
- *Nouvelles taxes, droits et redevances.* Les stratégies de réduction des GES peuvent comporter des coûts financiers imposés par les pouvoirs publics, tels que les taxes sur les carburants, les taxes

sur l'acquisition de véhicules, les taxes d'accise annuelles sur les véhicules et les péages routiers. Ces coûts financiers ne sont pas pris en compte dans le calcul des ratios coût/efficacité, car ils représentent uniquement des transferts entre contribuables (ils le sont, en revanche, quand il s'agit d'évaluer la demande).

- *Limitation des activités de transport.* Certaines stratégies de réduction des GES prises par les pouvoirs publics sont axées sur une restriction des activités de transport. Elles peuvent prendre la forme de limitations de vitesse, de réduction des horaires d'accès aux villes et de règles minimales de remplissage des véhicules. Les coûts financiers immédiats de telles réglementations peuvent être tout à fait minimes et n'être constitués que par les frais de leur mise en œuvre. Toutefois, on peut également tenter d'identifier les coûts issus des changements d'activités induits par la réglementation. L'adaptation des entreprises aux nouvelles conditions d'exercice de leurs activités du fait de la réglementation peut être génératrice de coûts financiers supplémentaires.

Les coûts pour les individus sont parfois substantiels : allongement des temps de trajet, limitation des déplacements, raccourcissement des distances de déplacement ou déplacements en covoiturage, par exemple. Ils ne sont peut-être pas aisément chiffrables en termes financiers, mais représentent les éventuels effets indésirables des mesures. Leur valorisation monétaire révélerait peut-être qu'ils constituent la majeure partie du coût de certaines stratégies de réduction des GES.

Dans le but de monétiser certains de ces coûts pour le bien-être, certains modèles font appel à un coût généralisé de trajet, toute variation du temps de déplacement se traduisant par une variation de ce coût. Lorsque le prix du temps a été déterminé, il devient relativement simple de calculer l'impact financier de toute augmentation du temps de déplacement.

Coût/efficacité

L'analyse coût/efficacité est particulièrement pertinente pour comparer diverses stratégies dont les caractéristiques n'ont pas toute une valeur monétaire explicite, comme c'est le cas pour les mesures de réduction des émissions de CO₂. Elle peut également se révéler utile pour déterminer la combinaison de mesures qui permettra d'atteindre les objectifs visés de réduction de la pollution.

Le rapport coût/efficacité d'une mesure est hautement variable selon son champ d'application géographique et son poids relatif. Un poids trop important peut produire des effets secondaires indésirables et ainsi réduire son efficacité. Les mesures sont classées en deux grandes catégories :

- Mesures techniques susceptibles d'avoir un effet direct sur la réduction des émissions. Leurs coûts sont calculés par rapport à une technologie de référence spécifique. Il est relativement aisé à établir lorsqu'il s'agit de technologies appliquées à l'échappement (filtres), mais ils le sont beaucoup moins lorsqu'il s'agit d'améliorations technologiques (tentative de réduire la consommation de carburant des moteurs).
- Dans le cas des mesures axées sur le comportement du public, les relations sont quelque peu plus complexes. Une évaluation des coûts et des effets suppose des informations précises sur les comportements en matière de déplacements.

En règle générale, seuls les coûts supplémentaires spécifiquement engendrés par la mesure doivent être retenus. Le problème le plus complexe d'évaluation des coûts est celui des *coûts d'ajustement*.

Certaines mesures de protection de l'environnement ont des effets de vaste portée. Par exemple, la limitation de la vitesse à 30 km/h dans les zones urbaines a des effets relativement diversifiés, parmi lesquels une sécurité accrue de la circulation. Une évaluation coût/efficacité doit intégrer les synergies potentielles (ou, le cas échéant, les effets conflictuels) des combinaisons de mesures.

Évaluation des combinaisons de mesures

Lors de l'évaluation des effets conjugués des mesures de réduction des GES, il importe d'éviter un « comptage en double » des réductions d'émission. En matière de modélisation, cet écueil est parfois appelé « problème de l'effet spécifique ». Ainsi, lorsque différentes mesures de réduction des GES

(normes applicables aux véhicules, limitations de vitesse, taxes sur les carburants, modification du comportement des conducteurs) sont axées sur les mêmes émissions, l'addition pure et simple des effets attendus de chacune d'entre elles résultera en un comptage double. Pour obtenir une estimation plus exacte des effets d'une combinaison de mesures, on peut exprimer l'effet spécifique de chacune d'entre elles par un pourcentage de réduction des émissions, puis multiplier les émissions de chacune des sources de la situation de référence par ce pourcentage. Lorsque les mesures de réduction des GES visent différents types d'usagers de la route, leurs effets s'additionnent.

Le dosage des mesures de réduction et la chronologie de leur entrée en vigueur peuvent également influencer sur les ratios coût/efficacité des diverses mesures. Dans le cas de stratégies axées sur le même type de trafic, les mesures appliquées plus tôt auront des effets, en valeurs absolues, plus marqués que les mesures mises en place plus tardivement, les mesures appliquées en premier ayant déjà réduit le niveau des émissions.

Indicateurs et évaluation des autres effets

Pour évaluer l'impact des stratégies de réduction des GES, il importe de retenir des indicateurs qui portent sur des résultats tangibles (OCDE, 1999). Par exemple, réduire la densité du trafic n'est pas une fin en soi ; les objectifs visés sont souvent une fluidification de la circulation, une amélioration de la qualité de l'air local et une réduction des émissions de CO₂. En conséquence, toute évaluation globale de l'impact des politiques et mesures de réduction des émissions de CO₂ doit s'appuyer sur une large gamme de critères permettant d'identifier les synergies potentielles entre initiatives et d'éviter les effets inattendus qui nuisent gravement à des objectifs louables. Cette section illustre certaines des synergies potentielles et des effets néfastes auxquels il convient de prêter attention lors de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une stratégie ou politique de réduction des émissions de GES dans le secteur des transports.

Avantages connexes des stratégies de réduction des GES

Les stratégies de réduction des GES peuvent comporter des avantages autres que ceux directement visés. Elles peuvent, par exemple, réduire les polluants de l'atmosphère locale en des lieux et à des moments adaptés. Si une stratégie peut produire des effets synergiques, elle peut également avoir des effets néfastes sur l'environnement ou l'économie. Par exemple, une utilisation accrue des carburants Diesel peut sembler un moyen prometteur de réduction des émissions de CO₂ alors qu'elle peut être nuisible pour l'environnement (leur combustion dégage plus de matières particulaires et de NO_x que celle de l'essence). La mise au point des véhicules électriques pourrait permettre de diminuer significativement les rejets de CO₂ des échappements, mais l'évaluation doit tenir compte des émissions dues à la production de l'électricité nécessaire au chargement des batteries et du problème significatif que constitue un maniement et une élimination des batteries au plomb usagées, qui soient respectueux de l'environnement.

Cette méthode d'évaluation globale des stratégies potentielles – qui étudie les interrelations entre de nombreux facteurs environnementaux, économiques, institutionnels et sociaux – est conforme aux meilleures pratiques d'élaboration d'une politique des transports. Le tableau 8 présente, sous forme synthétique, sept des critères fréquemment utilisés pour évaluer les stratégies envisageables ; certains d'entre eux sont repris des travaux du ministère des Transports des États-Unis et du *Rapport sur les options* de la Table des transports et du changement climatique (Canada). En raison de la diversité des priorités, des besoins et des structures institutionnelles des pays, les autorités chargées des transports sont susceptibles d'appliquer ces critères de façon différente.

Ce tableau inclut de nombreux critères autres que les effets synergiques et les effets néfastes. Les effets d'une stratégie en matière d'équité peuvent également avoir une incidence sur sa viabilité. Une stratégie, par ailleurs prometteuse, peut poser des problèmes financiers à certains groupes de la population, imposer un fardeau démesuré à certaines zones géographiques ou produire des effets néfastes à long terme que les générations futures auront à corriger. Le *cadre temporel* des stratégies est

Tableau 8. Cadre d'évaluation des stratégies de transport

Critères	Facteurs d'analyse	
Réduction des émissions de gaz à effet de serre	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des émissions en millions de tonnes d'équivalent carbone 	
Coût	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts monétaires • Transferts 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts économiques directs par opposition aux coûts économiques indirects
Faisabilité/ incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> • Facteurs politiques • Facteurs juridiques • Facteurs technologiques • Facteurs comportementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Simplicité de mise en œuvre/ paramètres institutionnels • Portée • Possibilités d'application
Effets synergiques	<ul style="list-style-type: none"> • Autres avantages pour l'environnement (cf. réduction des polluants et de la congestion du trafic) 	<ul style="list-style-type: none"> • Croissance économique • Sécurité énergétique • Accès/mobilité
Effets néfastes	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts préjudiciables pour l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Réorientations macro et micro économiques
Équité	<ul style="list-style-type: none"> • Répercussions sur : <ul style="list-style-type: none"> • Divers groupes de la population 	<ul style="list-style-type: none"> • Les régions • Les générations
Cadre temporel	<ul style="list-style-type: none"> • Temps d'élaboration et de mise en œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Délai d'efficacité

également un facteur qui doit retenir l'attention. Certaines des stratégies les plus efficaces de réduction des gaz à effet de serre ne pourront pas être mises en place dans un proche avenir, aussi les décideurs devront-ils apprécier les avantages relatifs des stratégies immédiatement applicables pour engager rapidement une politique de réduction des émissions.

Nous nous proposons de présenter un exemple d'application des critères du tableau 8 et de mettre en évidence leur pertinence à propos de deux des quatre principales catégories de mesures visant à réduire les émissions de GES des transports routiers que nous avons évoquées au chapitre 3. Il s'agit de : *a*) la réduction de la consommation de carburant des véhicules et *b*) de la réduction de la demande de transport.

Réduction de la consommation de carburant des véhicules

La réduction des émissions de CO₂ grâce à une meilleure efficacité des carburants est une stratégie importante employée par la plupart des pays de l'OCDE. De nombreux pays (notamment l'Australie, le Canada, la République tchèque, le Japon, la Corée et les États-Unis) et l'Union européenne ont défini des normes/objectifs de consommation de carburant pour susciter la conception de véhicules présentant un meilleur rendement énergétique ou ont ouvert des négociations à ce propos. Cette stratégie peut comporter des effets bénéfiques *synergiques* et notamment réduire les principaux polluants atmosphériques, renforcer la sécurité énergétique et favoriser le progrès technologique. Toutefois, le *cadre temporel* des stratégies spécifiques a une incidence sur la rapidité d'obtention d'une réduction significative des gaz à effet de serre.

La question des *coûts* d'une stratégie et des *transferts de coûts* (qui supporte la dépense ?) est illustrée par l'expérience américaine de mise en œuvre des normes de consommation moyenne de carburant par constructeur automobile (programme CAFE – *Corporate Average Fuel Efficiency*). Depuis toujours, en raison de l'élasticité relativement faible de la demande de mobilité, les consommateurs américains ont supporté le coût de véhicules gourmands en carburant (en achetant le carburant nécessaire pour satisfaire leur demande de mobilité). Le programme CAFE impose aux constructeurs automobiles de ne pas dépasser une consommation moyenne de carburant calculée sur l'ensemble de leur flotte de véhicules. Ce sont les constructeurs qui ont supporté les frais de mise au point de véhicules de meilleur rendement énergétique. La non-répercussion de ces coûts sur le consommateur

(qui a réduit ses frais de carburant grâce à des véhicules plus économes) représente un transfert de coûts du consommateur au fabricant.

Réduction de la demande de transport

Plusieurs pays ont introduit des mesures destinées à contenir la demande de transport et à alléger la congestion du trafic. Un certain nombre d'entre elles sont des mesures de tarification, qui instaurent le versement de redevances ou droits pour mieux refléter le coût global des activités de transport. La tarification de l'utilisation des routes, le stationnement payant et les taxes sur le carburant sont des exemples de mécanismes de marché, car l'élévation des coûts de transport freine partiellement les activités de transport et réduit donc les émissions de CO₂. D'autres exemples incluent les taxes basées sur les masses et distances (par exemple, Nouvelle-Zélande) et les taxes sur le carbone (par exemple, taxes sur les émissions de CO₂ en Norvège). Toutefois, l'efficacité des mesures de tarification sera infléchie par l'élasticité de la demande de mobilité. De façon générale, cette élasticité est faible, comme les consommateurs en ont apporté la preuve ; une diminution réelle des activités de transport suppose donc probablement une augmentation substantielle des prix. Les éventuels *effets néfastes* de ce renchérissement des transports sur l'économie et la qualité de la vie doivent être évalués. En outre, il peut constituer une lourde charge pour les groupes à faibles revenus et susciter des interrogations sur l'équité de la stratégie.

Les effets potentiellement négatifs des mesures de tarification peuvent être contrebalancés par des mesures d'accompagnement destinées à en moduler les effets. Par exemple, des mesures favorisant le covoiturage, les systèmes d'auto-partage, le télétravail et les programmes de réduction des déplacements peuvent offrir aux consommateurs d'autres moyens de satisfaire leurs besoins de mobilité, tout comme une offre accrue de services de transport en commun (voir la section suivante à ce propos). Pour répondre aux préoccupations d'équité, on peut mettre en place un système de prix dégressifs ou de crédits d'impôts fondé sur les niveaux de revenus. Une analyse détaillée des effets potentiellement négatifs d'une stratégie ou politique peut aider les décideurs à éviter qu'elle n'ait des conséquences imprévues sur les consommateurs ou l'ensemble de l'économie.

Méthodes d'évaluation

Exemples actuels de modélisation

Cette section présente au moyen d'exemples les différentes méthodes de modélisation et les types de modèles employés dans divers pays de l'OCDE. Elle n'a pas pour objectif d'évaluer de façon approfondie les capacités de modélisation des pays et se propose plutôt d'offrir un aperçu de la diversité et des similitudes des méthodes de modélisation.

Les modèles de prévision font appel à des méthodes généralement qualifiées de « descendantes » ou « montantes ». Les modèles à approche « montante » sont construits sur l'exploitation de données très fines (ce peut être, par exemple, un modèle d'efficacité énergétique établi à partir d'informations détaillées sur le parc automobile). Les modèles à approche « descendante » sont fondés sur des équations qui rendent compte des relations constatées entre les variables macro-économiques (ainsi un modèle descendant de consommation de carburants comporterait des équations macro-économiques d'estimation de la demande de carburants des transports routiers).

Australie

En Australie, le Bureau de l'économie des transports a élaboré un modèle de la dynamique du parc automobile australien, dénommé CARMOD (*Bureau of Transport and Communications Economics, 1996a*). Ce modèle comporte plusieurs outils de simulation qui permettent d'étudier l'effet des diverses mesures envisageables pour améliorer les performances du parc automobile en termes d'efficacité énergétique ou d'émissions. Il se présente sous la forme d'une feuille de calcul de tableur, ce qui

permet aux utilisateurs de modifier aisément les données internes et la valeur des paramètres et assure la transparence des calculs.

Le module principal de CARMOD produit une estimation de la consommation de carburants, fondée sur le nombre de véhicules, le nombre de kilomètres parcourus et la consommation moyenne de carburant. Le taux de motorisation pour 1 000 habitants a été modélisé comme une fonction logistique (« en S ») possédant une limite supérieure (niveau de saturation). Lorsque le parc automobile a été quantifié pour une année donnée, le modèle calcule le nombre d'immatriculations de véhicules neufs au cours de l'année. L'estimation des ventes de véhicules neufs résulte de l'addition de la variation du parc par rapport à l'année précédente et du nombre de véhicules mis au rebut au cours de l'année. Les fonctions de mise au rebut sont calculées à partir des écarts, en pourcentage, que présentent, d'une année sur l'autre, les courbes de survie des millésimes. Le modèle tient compte de la dégradation de l'efficacité énergétique des véhicules liée à leur âge et de l'augmentation de la consommation de carburant dans les encombrements.

Lorsque le modèle a estimé la distance totale parcourue par chaque millésime et la consommation de carburant correspondante, il calcule les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), de protoxyde d'azote (N₂O), d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) à l'aide de taux d'émission spécifiques à chaque millésime. Pour déterminer l'effet de serre total dû au rejet de ces différents gaz, les émissions sont exprimées en équivalent CO₂.

L'Australie dispose également d'un modèle pour les véhicules utilitaires lourds et le transport de marchandises dénommé TRUCKMOD. Le modèle analyse l'effet de deux mesures envisageables pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dues aux véhicules de transport de marchandises : la diffusion accélérée des technologies d'amélioration du rendement énergétique des véhicules et le retrait accéléré des véhicules les plus gourmands en carburant. Il ressort de l'analyse réalisée par TRUCKMOD que la diffusion accélérée des nouvelles technologies permettrait de réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre. Le retrait accéléré des véhicules de moindre rendement énergétique est une politique très onéreuse dont l'efficacité sur la réduction des rejets est très modeste (*Bureau of Transport and Communications Economics, 1996b*).

Canada

Le Canada possède un cadre de modélisation intégré qui comprend le modèle Substitution inter-combustibles et demande (*Inter-Fuel Substitution and Demand – IFSD*), le modèle Planification de l'énergie canadienne (*Canadian Power Planning – CANPLAN*) et le modèle Offre de pétrole et de gaz naturel (*Oil and Gas Supply – OGS*). La structure de modélisation comporte également plusieurs modèles d'emploi final dont un pour le secteur des transports.

Le modèle IFSD utilise des équations de comportement résultant d'estimations économétriques fondées sur les relations historiques entre la consommation énergétique des secteurs et un ensemble de variables explicatives, qui intègrent des facteurs démographiques et économiques. Il produit des projections annuelles de la demande d'énergie par types de carburants et par secteurs pour chacune des provinces canadiennes et dans différents scénarios de croissance économique, de coût de l'énergie et autres paramètres. En matière de transports, le modèle IFSD analyse séparément la consommation d'essence et la consommation de gazole tant pour les voitures particulières que pour les camions. La demande en carburants de substitution – propane, gaz naturel, méthanol, éthanol et électricité – est calculée en fonction du prix de ces carburants par rapport à l'essence et d'autres facteurs non financiers tels que la disponibilité du carburant. Pour chaque type de véhicules et de carburants, la demande est déterminée à partir de projections portant sur le parc de véhicules, la consommation moyenne de carburant et la distance moyenne parcourue annuellement par véhicule.

Le modèle est fondé sur les hypothèses suivantes :

- Le parc de véhicules en circulation est calculé par application d'un taux de survie aux ventes de véhicules neufs des années passées.

- Les ventes de voitures et camions neufs sont estimées à partir de variables telles que le coût de financement des véhicules, le prix réel de l'essence et une variable macro-économique (revenu réel des personnes physiques pour les voitures particulières et PIB global pour les camions).
- La distance moyenne parcourue est fonction du prix du carburant par kilomètre et d'une variable macro-économique (comme ci-dessus).
- L'efficacité énergétique des voitures et camions neufs est déterminée soit de façon exogène soit en fonction des prix antérieurs et actuels de l'essence.

Le Canada emploie également le Modèle de demande énergétique des transports (*Transportation Energy Demand Model – TEDM*). Il s'agit d'un modèle à approche « montante », destiné à évaluer les tendances du secteur des transports en matière d'efficacité énergétique. Il assure une ventilation des données au niveau des provinces et comprend neuf catégories de véhicules et cinq types de carburants.

Il reprend les chiffres officiels canadiens d'immatriculations pour déterminer l'ampleur du parc automobile (voitures et camions) et ceux publiés par Statistiques Canada pour les ventes de véhicules neufs et le parc d'autobus et motocyclettes. La consommation de carburant des voitures et camions légers est établie d'après des essais de consommation en laboratoire, ajustés pour tenir compte des conditions réelles de conduite. Le modèle produit une estimation de la consommation annuelle de carburant par provinces et par catégories de véhicules à l'aide des données suivantes : parc de véhicules et caractéristiques d'utilisation, distance moyenne parcourue par les véhicules selon leur âge et leur type, consommation de carburant des véhicules par types de carburants. Pour ce faire, il ajuste l'estimation de la demande d'énergie routière des diverses provinces en fonction des données de demande d'énergie du secteur des transports enregistrées dans lesdites provinces.

Norvège

La Norvège a mis au point un groupe de modèles conçus pour analyser et prévoir les émissions de CO₂. RETRO est un modèle de réseau réel de transport, à approche descendante, et de niveau régional (zone du Grand Oslo). Il comporte un module classique de transport intégrant l'attribution d'itinéraires, le choix du mode de transport, le choix de la destination et la fréquence des trajets. Le modèle est sensible à plusieurs mesures en matière de transports et notamment aux péages, au stationnement payant, à la taxe d'accise annuelle sur les véhicules, aux taxes sur les carburants, à la tarification de la congestion, à la fréquence des transports publics et aux investissements d'infrastructure. Les variations d'émissions de CO₂ peuvent être calculées sur la base des résultats produits par RETRO : distance totale parcourue par les véhicules et vitesse moyenne entre les zones dans la région modélisée. Les extrants du modèle peuvent servir d'intrants à une analyse coûts/avantages destinée à évaluer l'efficacité des mesures (Vold, 1999).

La Norvège fait également appel à GODMOD, un modèle d'équilibre général à approche descendante, pour estimer l'impact des mesures de réduction du CO₂. GODMOD a notamment été utilisé pour étudier les divers aspects des technologies de transport « conviviales pour l'environnement ». Il s'agissait d'établir si l'utilisation d'une technologie de transport respectueuse de l'environnement permettrait de réduire le coût de mise en œuvre de la politique norvégienne de lutte contre le changement climatique dans le cadre du Protocole de Kyoto et d'identifier les technologies qui, à court terme ou à long terme, sont le plus à même de favoriser une réduction des émissions de CO₂ dans le secteur des transports. Les effets des mesures sur les émissions peuvent être estimés dans divers scénarios, avec ou sans échanges de permis d'émissions et avec ou sans évolutions technologiques.

Selon GODMOD, pour respecter l'engagement d'un niveau global d'émissions de CO₂ supérieur de 1 % au niveau de 1990 (Protocole de Kyoto), la Norvège doit réduire ses émissions de 19 % par rapport aux projections d'émissions de 2010. Cela signifie un fléchissement du PIB de 0.5 % en 2010 et de 0.7 % en 2020 par rapport à la situation de référence (qui ne prévoit aucune nouvelle centrale électrique au gaz). Le recul du PIB atteint 4.1 % dans l'hypothèse d'une réduction de 55 % des émissions en 2010 et 5.9 % dans celle d'un niveau d'émission identique en 2020.

Suisse

La méthode suisse de modélisation des politiques et mesures relatives au CO₂ dans le secteur des transports met l'accent sur une analyse classique coûts/avantages ainsi que sur une comparaison du rapport coût/efficacité des mesures.

En Suisse, le recours à une analyse coûts/avantages vise à estimer l'impact des mesures. Celle-ci est axée sur une comparaison financière des coûts et avantages des mesures visant à réduire les émissions de CO₂. Le modèle est un outil de travail qui permet d'apprécier les résultats des mesures déjà introduites (appréciation *ex post*) et un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre des mesures (évaluation *ex ante*). Il est conçu pour faciliter les choix relatifs aux modalités pratiques d'application des mesures et accroît la transparence et la faisabilité des décisions politiques.

Les coûts sont calculés sur la base des données de coût disponibles lors de la phase d'élaboration ou de programmation du projet. Les avantages sont transformés en valeurs monétaires, ce calcul faisant appel à des estimations du « prix que les consommateurs sont prêts à payer ». La comparaison entre les coûts et avantages des mesures permet aussi de déterminer leur efficacité.

Royaume-Uni

Le Royaume-Uni dispose de deux principaux modèles pour estimer l'impact sur les comportements de mesures spécifiques ou d'ensembles de mesures, qui constituent le cadre de modélisation des mesures de lutte contre le changement climatique. Il s'agit du Modèle du marché des véhicules (*Vehicle Market Model – VMM*) et du modèle Préviation du trafic routier national (*National Road Traffic Forecast – NRTF*). Tous deux utilisent une méthode de conception « montante ».

Le Royaume-Uni dispose également d'un modèle de demande d'énergie, qui est utilisé pour prévoir les émissions de CO₂ de divers secteurs d'activité et notamment du secteur des transports. A la différence des modèles VMM et NRTF, le modèle de demande d'énergie est fondé sur une approche « descendante ».

- Modèle du marché des véhicules

VMM est un modèle de la consommation nationale de carburant de structure similaire au modèle australien CARMOD. Il permet d'étudier les effets de divers instruments d'infléchissement de la consommation nationale de carburant des véhicules routiers, tels qu'une modification des taxes sur les carburants. Il estime la consommation de carburant de quatre classes de véhicules : voitures, camions légers et autres véhicules de transport marchandises, véhicules lourds de transport de marchandises et autobus/véhicules de service public. Chacune de ces catégories comporte divers types de véhicules. Les prévisions portent sur la période 1996-2031 (Kirby *et al.*, 1998).

VMM intègre un module de prévision de la consommation de carburants. Ce module technologique produit des projections de la consommation de carburant des voitures neuves en utilisant un scénario d'évolutions technologiques probables.

L'adoption de diverses technologies d'économie de carburant dans le parc automobile est liée au coût des carburants : il existe donc un point à partir duquel l'adoption des technologies présente un bon rapport coût/efficacité. En d'autres termes, lorsque les prix des carburants atteignent un certain niveau, les économies de carburant permises par certaines technologies sont supérieures au coût des dites technologies. Lorsque le délai de rentabilisation du coût d'une technologie est égal ou inférieur à trois ans, on retient l'hypothèse que les constructeurs automobiles l'incorporeront aux voitures neuves. Le module de prévision de la consommation de carburants tient également compte du décalage minimal qui interviendra probablement entre la production d'une technologie spécifique et sa pénétration complète sur le marché des véhicules neufs. Les économies de carburant sont donc étalées sur plusieurs années. Le module opère une ventilation par types de carburants ; l'efficacité énergétique relative des automobiles essence et Diesel peut donc varier dans le temps.

- Modèle national de transport

Les pouvoirs publics britanniques travaillent à l'élaboration d'un nouveau modèle national de transport dénommé *National Transport Model* (NTM). Il produira des prévisions à moyen et long termes sur l'utilisation des divers modes de transport tant pour le transport des passagers que pour celui des marchandises. Il fournira également des projections sur les émissions de CO₂, de PM₁₀ et de NO_x engendrées par les transports routiers et ferroviaires, sur la congestion des transports routiers et sur les accidents de la route.

Il modélisera la façon dont ces prévisions varient dans diverses hypothèses faisant intervenir les paramètres suivants :

- Revenu national, population, emploi et taux de motorisation.
- Coût d'utilisation de chacun des modes de transport (en particulier coûts des carburants dans le transport routier fondé sur le prix des carburants – prix du pétrole brut, raffinage, distribution et taxation – et l'efficacité énergétique des véhicules).
- Orientation des politiques relatives notamment aux investissements dans les infrastructures routières et ferroviaires nationales et à la tarification des chemins de fer.
- Politiques de transport des collectivités locales : investissements dans les autobus et le rail léger, subvention d'équilibre pour les autobus et le rail et mesures ayant une incidence sur le coût d'utilisation des automobiles (restrictions d'utilisation de routes locales, stationnement payant, tarification de l'utilisation des routes et stationnement payant sur le lieu de travail).

Les prévisions de trafic tiennent compte des réponses aux encombrements : modifications d'itinéraires, variations des durées de trajet, report sur des destinations plus proches ou d'autres modes de transport.

Les prévisions d'émissions du trafic routier pour une année donnée sont liées à :

- L'importance du trafic.
- La vitesse de circulation.
- La composition du parc automobile en termes d'efficacité énergétique et de types de carburants.
- Modèle de demande d'énergie

Les projections du modèle de demande d'énergie sont fondées sur une analyse de l'évolution de la consommation d'énergie au cours des années antérieures et des relations existant entre celle-ci et des paramètres tels que la croissance économique et les prix des carburants. Elles font apparaître l'incidence des politiques en vigueur en matière d'énergie et d'environnement. Elles offrent une vue d'ensemble des niveaux et des structures de la demande d'énergie dans divers scénarios de croissance économique et de prix mondiaux des combustibles fossiles. Six principaux scénarios sont envisagés.

Le modèle de demande d'énergie se compose d'environ 100 équations économétriques. Les prévisions peuvent être ventilées entre différents secteurs, dont les transports. Les projections relatives au secteur des transports sont produites au moyen de diverses équations économétriques qui tentent d'expliquer la demande d'énergie des années passées en fonction de variables telles que les prix, le niveau des revenus ou le niveau de production. Ces équations intègrent implicitement les tendances historiques d'efficacité énergétique des véhicules. Les données relatives aux stocks ont été incorporées aux équations lorsqu'elles étaient fiables (parc automobile, par exemple) (UK *Department of Trade and Industry*, 2000).

États-Unis

Il existe une multiplicité de modèles, très élaborés, sur les émissions de gaz à effet de serre qui sont à même d'évaluer des aspects spécifiques des stratégies de stabilisation des GES dans le secteur des transports (FHWA, 1999). Ils ne forment pas un ensemble entièrement intégré, mais permettent, par le biais d'une intervention de l'utilisateur, de conduire une analyse des stratégies intégrées.

- Véhicules et carburants

Ces modèles ont été créés pour assurer l'évaluation des mesures générales qui peuvent être envisagées pour influencer sur la consommation de carburant des véhicules et la consommation nationale de combustibles et pour protéger l'environnement. Ils portent sur quatre types de domaines : véhicules à carburants classiques, véhicules à carburants de substitution, volume et structure des ventes de véhicules et disponibilité des véhicules.

Le modèle TCSM (*Technology/Cost Segment Model*) s'applique essentiellement aux véhicules légers. Il exige la saisie de cinq types de données définissant les caractéristiques des technologies : impact sur la consommation de carburant, impact sur le coût, interactions avec les autres technologies, effets sur les autres caractéristiques des véhicules intéressant les consommateurs et date de commercialisation. Ces informations sont utilisées pour prévoir – à l'aide d'un modèle de comportement de l'industrie automobile (fondé sur la durée de vie des produits et les contraintes des infrastructures de production) – les variations de la consommation de carburants dans le temps et leurs incidences sur les prix des véhicules, les tailles et performances de véhicules demeurant inchangées.

Il existe divers modèles de projection des caractéristiques des véhicules à carburants alternatifs. Ils supposent le plus souvent que ces véhicules constituent une adaptation des véhicules classiques et expriment généralement les évolutions des caractéristiques en pourcentage. L'analyse des véhicules à carburants alternatifs n'est pas réalisée à « caractéristiques constantes », mais définit explicitement des réductions des caractéristiques de performances, d'autonomie, d'espace intérieur et de temps de ravitaillement. Ces prévisions sont tributaires de l'exactitude des hypothèses relatives aux améliorations technologiques et aux baisses de prix des véhicules sur les années ultérieures.

Le volume et la structure des ventes de véhicules, ainsi que les fonctions relatives aux demandes de caractéristiques, sont estimés pour une bonne part au moyen de modèles intrants/extrants qui appliquent une analyse de régression aux données des années antérieures. C'est probablement dans ce domaine de prévision que la modélisation des GES est la moins avancée. Le volume des ventes de véhicules est repris des bases de données des sociétés d'études économiques DRI (Data Resources, Inc.) et Chase Econometrics, qui maintiennent à jour de vastes modèles intrants/extrants pour la totalité de l'économie américaine. La structure des ventes par types et tailles de véhicules s'est révélée très difficile à estimer en raison des fluctuations des goûts des consommateurs sur le marché des véhicules légers.

La disponibilité des véhicules est généralement modélisée dans le cadre des prévisions de déplacements au niveau d'une zone urbaine ou d'un État. Elle est très souvent estimée en fonction de variables socio-économiques comme la taille, les revenus et la situation géographique des ménages.

- Modèles relatifs à l'offre de carburants et aux infrastructures d'avitaillement

Le modèle Commerce des carburants alternatifs (*Alternative Fuel Trade Model – AFTM*) compare des images statiques, à long terme, de la consommation énergétique résultant de différents scénarios et politiques, sans explicitement envisager les processus d'ajustement intermédiaires. L'analyse porte sur : les perspectives de substitution des combustibles, les effets à long terme de l'utilisation des carburants alternatifs, la demande de pétrole et de gaz, le raffinage, les importations, les prix des carburants et les répercussions des éventuelles réactions des exportateurs de pétrole et de gaz, en situation de monopole.

Les modèles portant sur le choix des véhicules à carburants alternatifs sont fondés soit sur les résultats des enquêtes auprès des consommateurs soit sur un modèle de choix des consommateurs assurant « un bien-être optimal ».

Le Modèle transitionnel pour véhicules à carburants alternatifs (*Transitional Alternative Fuel Vehicle Model – TAFVM*) effectue une simulation de l'utilisation et des coûts des carburants et véhicules alternatifs sur la période 1996-2010. Il tente de définir l'évolution de l'utilisation de ces véhicules aux

États-Unis, les nouvelles technologies – qui jusqu'à présent étaient onéreuses et ne faisaient l'objet que d'une diffusion commerciale restreinte – étant aujourd'hui proposées à un coût moindre et développées à plus grande échelle. Le modèle est également axé sur les conditions qui permettraient de réaliser la transition et sur leurs coûts.

- Transports

Ces modèles ont été principalement créés pour apprécier les incidences des investissements dans les infrastructures de transport (par exemple, voies à grande circulation et systèmes de transport en commun) et des politiques de transport (par exemple, mesures en faveur des véhicules à plusieurs occupants).

- Modèles nationaux de performances des transports

Pour conduire son analyse sur un « avenir durable », l'Office de recherche sur les transports (*Transport Research Board* – TRB) utilise un modèle de prévision des émissions nationales de CO₂. Celui-ci est fondé sur les projections nationales de véhicules-kilomètres parcourus et des estimations d'efficacité des carburants. Les variables explicatives du modèle de base – PIB par tête, prix du carburant par gallon, prix du carburant sur un mile, indice de prix des véhicules neufs, proportion d'actifs, distance parcourue par titulaire d'un permis de conduire et nombre de véhicules par tête – sont calculées grâce à une série d'équations de régression log-log. Le modèle applique également un coefficient d'émission de CO₂ aux estimations de véhicules-kilomètres parcourus pour déterminer les émissions totales de CO₂. Les effets des stratégies de réduction des GES sont appréciés par le biais des variations de la distance parcourue par les véhicules, de l'efficacité énergétique des carburants et des coefficients d'émission de CO₂ des véhicules. Pour établir une projection de référence des émissions de CO₂ entre 2000 et 2040, le modèle retient une hypothèse d'augmentation de la distance parcourue de 1.5 % par an. Le modèle est ensuite appliqué à quatre stratégies de réduction des GES : baisse de la demande d'automobiles, diminution de la consommation de carburant des véhicules, augmentation des prix des carburants et développement des véhicules à faibles émissions de GES.

Agence internationale de l'énergie (AIE)

- Modèle mondial de l'énergie (World Energy Model – WEM)

Le modèle mondial de l'énergie (WEM), qui constitue la base des *Perspectives* de l'AIE, est un modèle mathématique composé de quatre sous-modèles : demande finale ; production d'énergie et autre transformation ; offre de combustible fossile et ; échange d'émissions. Les principales hypothèses exogènes sont le PIB, la population, le cours international des combustibles fossiles et les développements technologiques. Le niveau de la consommation d'électricité et les prix de l'électricité relient le module de demande finale d'énergie et le module de production d'énergie. La demande totale de carburants fossiles est une entrée des modules de l'offre. Les bilans énergétiques sont calculés en utilisant les sorties des trois modules pour chaque région. Les émissions de CO₂ sont ensuite dérivées en utilisant des facteurs de carbone implicites. Le module d'échange d'émissions fait appel à des courbes de coût de réduction marginale, obtenues par un processus itératif du modèle WEM avec différentes valeurs de carbone.

L'AIE a développé récemment un Module Transport. Il s'agit d'un modèle ascendant mis au point pour compléter le modèle WEM en utilisant un cadre désagrégé pour générer des données spécifiques au secteur des transports. Pour chaque région, les niveaux d'activité de chaque mode de transport sont une fonction de la population, du PIB et du prix des transports. L'élasticité du volume de transport par rapport au coût du carburant par kilomètre est appliquée à tous les modes à l'exception du transport de passagers et de marchandises par rail et par voies navigables. En ce qui concerne les véhicules particuliers, cette élasticité est également utilisée pour déterminer l'effet de rebond d'une demande accrue de transport résultant d'un meilleur rendement des carburants. Le modèle transport prend également en compte des hypothèses supplémentaires pour refléter la saturation du taux de

possession d'un véhicule particulier. Pour chaque mode, l'intensité énergétique est projetée en prenant en compte les évolutions relatives au rendement énergétique et au prix des carburants. Pour les voitures et les camions légers, la rotation du parc est modélisée de manière explicite afin de tenir compte des effets de la réglementation sur le rendement énergétique des nouvelles voitures sur l'intensité énergétique de la flotte. Les réglementations en matière d'efficacité des carburants pour les nouvelles voitures et les camions légers ainsi que les taxations (additionnelles) sur les carburants peuvent être modélisées directement (AIE, 2000).

Commission européenne

- Programme Auto-Oil II

Le programme Auto-Oil II a été lancé par la Commission européenne en 1993 afin d'identifier les mesures d'amélioration de la qualité de l'air en Europe, fondées sur une évolution de la technologie automobile et de la composition des carburants, présentant le meilleur rapport coût/efficacité. Sept groupes de travail ont été mis en place dans le cadre du programme. L'un d'entre eux, chargé de l'étude coût/efficacité, a élaboré un outil de simulation des politiques de transport : le modèle TREMOVE (Commission européenne, 1999). Ce modèle, conçu pour effectuer une analyse coût/efficacité, calcule les coûts et les effets sur les émissions d'une vaste gamme de mesures, techniques et non techniques, visant à réduire les émissions du transport routier. Il est principalement orienté vers une analyse de la qualité de l'air, mais l'un de ses extrants est la quantité de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. Il entre donc dans le cadre de notre étude.

- Modèle TREMOVE

TREMOVE est un modèle axé sur les comportements plutôt qu'un modèle de prévision des transports. Il simule les modifications de comportement des consommateurs en réponse à un changement des conditions économiques dû à de nouvelles mesures. Par exemple, une variation des taxes sur les carburants a une incidence sur le coût généralisé du transport routier. En raison de cette variation, les consommateurs effectuent des choix en matière de mode de transport, de type de véhicule et de demande de transport. Ces choix ont des répercussions sur les émissions du parc automobile.

Le modèle se compose de trois principaux modules : le module Coût des transports et trafic, le module Parc automobile et le module Émissions.

- Premièrement, le module Coût des transports et trafic calcule l'effet d'une mesure sur la répartition modale de la demande de transport et sur la composition du parc par catégories de véhicules. La répartition modale est déterminée par le coût généralisé de chaque mode de transport par rapport aux autres, les niveaux de revenus et les préférences des consommateurs. Le coût généralisé d'un mode de transport intègre le coût du temps de transport. Le modèle prend en compte les transports routiers (voitures particulières, véhicules de transport de marchandises, autobus, taxis, motocyclettes et bicyclettes), les transports par le rail – métropolitains et lignes ferroviaires (transport de fret et de passagers) – et les transports par voies navigables intérieures.
- Deuxièmement, le module Parc automobile convertit les fluctuations de la demande de transport, calculées par le premier module, en nombre de véhicules, ventilé par types de véhicules.
- Troisièmement, le module Émissions détermine le niveau des émissions, compte tenu du nombre de kilomètres parcourus par les divers types de véhicules.

En bref, le modèle estime les répercussions des mesures sur les choix des consommateurs, puis sur les émissions des transports routiers. Par exemple, en cas de relèvement des taxes sur les carburants ou d'une tarification de l'utilisation des voiries, les consommateurs ajusteraient leurs comportements soit en réduisant leur demande de transport en *valeur absolue* et/ou en se reportant sur

d'autres modes de transport. Le modèle calcule alors le kilométrage total de chaque mode, puis les incidences de la mesure sur le parc automobile et l'utilisation moyenne des véhicules. Il détermine ensuite les émissions engendrées du fait de la nouvelle demande totale de transport et de sa répartition modale.

TREMOVE est un modèle coût/efficacité ; il indique non seulement les variations d'émissions dues à la mise en place d'une politique, mais calcule également l'écart de coût entre diverses mesures axées sur les transports. Le coût, qui est défini comme un coût pour la société, intègre diverses composantes : coûts pour les usagers des transports en tant que propriétaires d'automobiles ou opérateurs de transport de marchandises (ils tiennent notamment compte des fluctuations de coût dues aux variations du niveau de congestion du trafic) et coûts, positifs ou négatifs, pour les pouvoirs publics. Le modèle calcule également les effets secondaires des mesures (variations du coût des accidents et du coût du bruit). Il permet de comparer les mesures et de les sélectionner en fonction de leur rapport coût/efficacité.

Lacunes des modèles – Amélioration des méthodes de modélisation

Qualité des données

Nombre des modèles actuellement utilisés présentent un niveau très élevé de désagrégation, mais divers problèmes courants de qualité des données subsistent, nombre d'entre eux ayant trait aux coefficients d'émission.

La plupart des modèles désagrégés qui sont fondés sur une méthode de conception « montante » prennent pour base les valeurs officielles d'efficacité énergétique des véhicules. Celles-ci font ensuite l'objet de projections qui reposent sur une estimation de la date à laquelle les technologies d'économie de carburant seront disponibles. Toutefois, les chiffres officiels de consommation de carburant (litres aux 100 km) sont établis pour des véhicules non équipés d'options (climatisation, par exemple) et dont les projecteurs ne sont pas allumés. Les chiffres officiels ont donc tendance à minimiser la consommation réelle de carburant, dans une proportion pouvant atteindre 25 %. Par conséquent, la consommation totale de carburant, telle qu'elle ressort des projections, est significativement sous-estimée, de même que les émissions de dioxyde de carbone qu'elle engendre.

Pour résoudre ce problème, il faut ou bien produire de nouveaux chiffres de consommation ou bien introduire un facteur d'ajustement adéquat au cours de la modélisation. La première solution exigerait que, pour chaque véhicule, le cycle d'essai soit réalisé dans des conditions plus réalistes, les options, comme la climatisation, étant mises en marche pendant une partie du cycle d'essai pour se rapprocher des conditions réelles d'utilisation. La seconde solution impliquerait le calcul d'un facteur d'ajustement entre l'estimation de la consommation totale de carburants et les ventes de carburants effectivement enregistrées. Par exemple, si l'estimation de la consommation de carburants était de 1 million de litres et que les ventes de carburants ont atteint 1.2 million de litres, le facteur d'ajustement serait de 1.2. En outre, un tel facteur d'ajustement doit éventuellement être révisé pour tenir compte des variations de la proportion de véhicules du parc équipés d'options comme la climatisation.

Certains modèles déterminent directement les émissions de CO₂ à partir du nombre total de véhicules-kilomètres parcourus et de coefficients d'émission standards par kilomètre. De nombreux modèles modulent toutefois les émissions de CO₂ en fonction de la vitesse de conduite : la consommation de carburant est plus élevée à faibles vitesses qu'elle ne l'est aux environs de 60 km/h. Ils font donc appel à des coefficients d'émission variables en fonction de la vitesse moyenne. Ceux-ci deviennent toutefois inexacts lorsqu'ils sont appliqués à des routes encombrées. Par exemple, une voiture sur autoroute peut circuler à une vitesse moyenne de 50 km/h ; en cas d'engorgement du trafic, sa vitesse réelle peut varier entre 10 km/h et plus de 80 km/h. A ces deux extrêmes de la fourchette des vitesses, les émissions de CO₂ sont supérieures à celles engendrées à la vitesse de 50 km/h et donc sous-évaluées. En Australie, le modèle CARMOD pratique un ajustement, qui prend en compte la consommation accrue de carburant dans les encombrements.

Méthode de modélisation

Évaluation sur le cycle de vie des mesures

Il est essentiel d'apprécier les politiques et mesures non seulement du point de vue de leur contribution à la réduction des émissions de GES du secteur des transports routiers, mais aussi du point de vue de leurs répercussions sur les émissions de GES dans d'autres secteurs, c'est-à-dire sur la totalité de leur cycle de vie. Par exemple, une évaluation des mesures encourageant la diffusion des véhicules qui est effectuée sur la totalité de leur cycle de vie doit s'intéresser aux éléments ci-dessous :

Émissions de GES générées par la construction et l'entretien des véhicules

Les émissions de GES dues à la construction et à l'entretien des véhicules résultent pour une bonne part de la production des matières premières ainsi que des opérations de traitement de la carrosserie et de réparation des véhicules. Lorsque les matériaux utilisés pour les carrosseries des véhicules classiques et des véhicules à propulsion alternative sont identiques, les émissions de CO₂ sont similaires, mais les carrosseries d'un grand nombre de véhicules à propulsion alternative comportent une plus grande proportion d'aluminium afin d'alléger le châssis. La fabrication de l'aluminium consomme davantage d'énergie que celle de l'acier, aussi les émissions de GES augmentent-elles.

Émissions de GES dues à l'exploitation

Les émissions de GES engendrées par l'exploitation d'un véhicule sont calculées à partir de la consommation énergétique du véhicule sur sa durée de vie. Elles doivent incorporer les rejets issus de la production de l'énergie consommée par le véhicule (extraction, transport, purification et génération de l'énergie).

Les émissions de GES résultant de la production énergétique sont variables selon les pays – même lorsque ceux-ci ont une consommation de carburants similaire – en raison de divers paramètres : pays producteur ou non-producteur de pétrole, modes de production de l'énergie.

Émissions de GES dues à l'élimination des véhicules

Les émissions de GES provenant de l'élimination des véhicules sont identiques lorsque les véhicules à propulsion alternative sont fabriqués avec les mêmes matériaux que les véhicules classiques. Les hydrofluorocarbones (HFC), utilisés comme réfrigérant dans les systèmes de climatisation, ont un effet très marqué sur le réchauffement global, aussi les écarts d'émission lors de l'élimination sont-ils significativement différents selon que le réfrigérant est recueilli ou mis au rebut.

Interdépendances entre l'efficacité énergétique et le cycle de vie du CO₂

Certains des matériaux utilisés pour alléger les véhicules, et donc améliorer leur efficacité énergétique, peuvent exiger une plus grande consommation d'énergie lors de l'élimination desdits véhicules ou être moins conviviaux pour l'environnement.

Exemples de mesures exigeant une évaluation sur leur cycle de vie :

- *Programme de renouvellement du parc automobile.* Prenons l'exemple d'un programme d'incitation à l'achat de nouveaux modèles de véhicules, économes en carburant et équipés des technologies les plus récentes, qui octroie des primes d'achat et des conditions fiscales particulières en cas de remplacement d'un véhicule à rendement énergétique médiocre. Si un tel programme permet de réduire les émissions de CO₂ engendrées par l'exploitation du véhicule, il augmente lesdites émissions dues à la production et à l'élimination des véhicules, car il abrège la durée de vie des véhicules d'occasion. Il convient donc de procéder à une évaluation complète du programme, qui prenne en compte les émissions de CO₂ résultant de la fabrication et de l'élimination des véhicules.
- *Programme en faveur de l'utilisation des véhicules à propulsion alternative.* L'évaluation complète des mesures de promotion des véhicules à propulsion alternative doit prendre en compte les rejets de CO₂ issus du transport et de la production des carburants ou de l'électricité. Le problème de l'élimination des batteries doit également être envisagé lors de l'évaluation des véhicules à propulsion électrique ou

des véhicules hybrides. Les véhicules à énergie alternative commencent tout juste à apparaître sur le marché : nous n'avons donc qu'une connaissance imparfaite des émissions de CO₂ résultant de leur élimination ou d'autres processus.

- *Construction de nouvelles infrastructures de transports publics.* Dans le cas des nouvelles infrastructures de transports publics, il importe d'intégrer les émissions de CO₂ engendrées par leur construction, leur entretien et leur gestion.

Absence d'évaluation ex post

Le présent projet a mis en évidence la diversité des capacités de modélisation au sein des pays de l'OCDE. Toutefois, cette capacité est essentiellement axée sur une modélisation *ex ante* des politiques et mesures. Il n'y a guère d'exemples d'un tel enthousiasme à propos des évaluations *ex post*. Cela tient pour partie à la difficulté d'isoler l'impact d'une mesure lorsque celle-ci fait partie d'une panoplie de mesures de vaste portée et pour partie au coût d'une telle évaluation, notamment lorsqu'une mesure porte sur une modification des comportements.

Pour illustrer notre propos, l'encadré 1 compare les méthodes d'évaluation utilisées au Japon et au Canada pour évaluer leur politique d'amélioration de l'efficacité énergétique des voitures particulières neuves. Nous pourrions ainsi saisir les différences de méthodologie et nous rendre compte à quel point toute interprétation requiert une grande prudence. L'un des problèmes clés de toute comparaison des méthodologies d'évaluation consiste à déterminer le degré d'homogénéité des procédures de modélisation et d'évaluation : la définition de la situation de référence, les hypothèses retenues et l'interprétation sont susceptibles de présenter d'importants écarts.

Encadré 1. Comparaison des méthodologies d'évaluation mises en œuvre au Canada et au Japon

Le Canada et le Japon visent tous deux à réduire la consommation de carburants en fixant des normes de consommation de carburant pour les voitures particulières et les camions légers. Au Canada, des objectifs d'efficacité énergétique ont été définis depuis 1980 sous la forme de cibles de consommation moyenne de carburant par constructeur automobile dans le cadre du Programme sur la consommation de carburant des véhicules à moteur. Au Japon, les normes d'efficacité énergétique des véhicules sont fixées par la Loi sur l'utilisation rationnelle de l'énergie. A la suite d'une révision de cette loi en 1999, l'efficacité énergétique des véhicules essence doit être améliorée d'environ 23 % entre 1995 et 2010 et celle des voitures particulières Diesel, de 15 % entre 1995 et 2005. En cas de non-respect de ces objectifs d'efficacité, les constructeurs automobiles sont éventuellement passibles d'amendes.

Effets d'une amélioration du rendement énergétique des automobiles

L'évaluation que font le Japon et le Canada quant à l'abattement des émissions de CO₂ imputable aux normes de rendement énergétique des carburants est très différente. Voici leurs estimations à ce propos :

- *Canada* : 44 Mt CO₂/an (les émissions totales de CO₂ des transports routiers se sont élevées à 107 mégatonnes en 1996).
- *Japon* : 1.2 Mt CO₂/an (les émissions totales de CO₂ des transports routiers ont atteint 217 mégatonnes en 1996).

L'écart significatif que présentent les estimations du Japon et du Canada quant à la réduction des émissions de CO₂ engendrée par leurs mesures d'amélioration du rendement énergétique des véhicules peut partiellement provenir de l'hétérogénéité des types de véhicules et des cadres temporels retenus.

Le Canada a conduit son évaluation sur 17 ans (1978-1995), soit sur une période beaucoup plus longue que celle de sept ans (1990-1997) retenue par le Japon. L'efficacité énergétique des véhicules s'est améliorée au cours des années 1978-1989. C'est pourquoi l'estimation de réduction des émissions de CO₂ du Canada est significativement plus élevée que celle du Japon.

L'exemple de l'encadré 1 illustre que toute analyse quantitative de l'efficacité des mesures de réduction des émissions de CO₂ mises en œuvre par les pays suppose une connaissance approfondie des méthodes de calcul employées. Des disparités dans les conditions de départ auxquelles sont appliquées les méthodes d'évaluation peuvent produire des résultats très différents même lorsque les mesures comparées sont de nature similaire. Du fait qu'il est impossible de déterminer la qualité des politiques par une simple comparaison des valeurs obtenues lors du calcul de leurs effets, il est essentiel que les méthodes de calcul des effets soient clairement définies.

Autres questions

- Effet de « double dividende »

A l'heure actuelle, la plupart des modèles¹ ne tiennent pas compte du recyclage des recettes fiscales, générateur d'un effet de « double dividende ». Celui intervient lorsqu'une écotaxe, neutre du point de vue des recettes fiscales, a des répercussions bénéfiques sur l'environnement et réduit aussi les distorsions du système fiscal.

Les analyses coût/efficacité et coûts/avantages devraient tenir compte des conséquences directes et indirectes (en aval) d'une mesure, et notamment de ses incidences sur l'emploi.

Termes de l'échange

Notons également que les modifications des termes de l'échange que pourrait susciter une variation des prix de l'énergie en raison de l'application du Protocole de Kyoto sont généralement absentes des modèles². Ainsi, un recul de la demande d'énergie peut faire régresser les prix de l'énergie. Les termes de l'échange évolueront alors pour les pays qui importent ou exportent de l'énergie. Par exemple, une réorientation vers des formes d'énergie alternative aura pour effet de dégrader les termes de l'échange et par conséquent la balance commerciale, des pays qui, comme l'Arabie Saoudite, sont de gros exportateurs de pétrole mais de les améliorer pour les pays importateurs de pétrole.

Conclusions

- Il apparaît nécessaire d'améliorer la qualité des données pour produire des prévisions plus fiables – notamment au niveau des coefficients d'émission et de la mesure des élasticités.
- Les méthodes de prévision et d'évaluation *ex ante* sont sans doute rigoureuses, mais il n'est pas toujours possible d'apprécier si elles sont appliquées de façon homogène.
- Les politiques nationales font rarement l'objet d'une évaluation *ex post*. Si une telle analyse est souvent difficile à réaliser, elle n'en constitue pas moins une partie importante du processus de prévision et d'évaluation, qui fait défaut dans nombre de cas.
- Il est enfin indispensable d'être conscient des limitations attachées aux évolutions exogènes (lorsqu'on traite, par exemple, de l'impact des progrès technologiques ultérieurs ou d'une modification des goûts des consommateurs).

NOTES

1. Le modèle norvégien CICERO constitue une exception (cf. CICERO Working Paper 1998-9).

2. Là encore, le modèle CICERO fait exception (cf. CICERO Working Paper 1998-9).

RÉFÉRENCES

- AIE (2000),
World Energy Outlook 2000, Agence internationale de l'énergie, OCDE, Paris.
- Bureau of Transport and Communications Economics (1996a),
Costs of reducing greenhouse gas emissions from Australian cars : An application of the BTCE CARMOD model. Working Paper 24. Canberra.
- Bureau of Transport and Communications Economics (1996b),
Costs of reducing greenhouse gas emissions from Australian road freight vehicles : An application of the BTCE TRUCKMOD model. Working Paper 22. Canberra.
- Commission européenne (1999),
The AOP II Cost-effectiveness Study Part II : The TREMOVE model 1.3. Draft final report presented to Working Group 7, August 1999. The European Commission, Standard & Poor's DRI and K. U. Leuven.
- Commission européenne, DGVII (1999),
Meet Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption, Commission européenne, Bruxelles.
- FHWA (1999),
Assessment of GHG Models for the Surface Transportation Sector, préparé par Energy and Environmental Analysis, Inc., 10 Novembre 1999.
- Kirby, H., Dodgson, J., Hutton, B., Balmforth, P. (1998),
Structure of the Vehicle Market Model : Modelling the effects of transport policy levers on national fuel consumption. Transport Research Institute.
- Natural Resources Canada (1997),
Canada's Energy Outlook – 1996 – 2020, Ottawa.
- OCDE (1999),
Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Transport Policies. OECD series on environmental indicators. OCDE, Paris.
- UK Department of Trade and Industry (2000).
Energy Projections for the UK. Energy Paper 68, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Vold, A., 1999,
Regional transport model for the greater Oslo area (RETRO), Version 1.0, TØI report 460/1999, ISBN 82-480-0124-5.

PERSPECTIVES EN MATIÈRE D'ÉMISSIONS DE CO₂ ET D'AMÉLIORATIONS TECHNOLOGIQUES

Politiques de réduction des émissions de CO₂

Dans les années à venir, les émissions globales de dioxyde de carbone doivent régresser conformément aux décisions de la Conférence de Kyoto. Le Protocole de Kyoto des Nations Unies (1997) a fixé des objectifs de réduction des gaz à effet de serre aux parties visées à l'Annexe I de la Convention-cadre sur les changements climatiques. Tous les secteurs de l'économie (industrie, énergie et transports notamment) sont intéressés par les actions nationales destinées à atteindre les objectifs de réduction des divers gaz à effet de serre établis par les pays (développés) de l'Annexe I.

Dans un grand nombre de pays, des conventions spécifiant les actions à entreprendre pour contribuer aux objectifs de Kyoto ont été passées entre les pouvoirs publics et les secteurs clés de l'industrie. En voici quelques exemples :

- Industrie : accords de réduction du coût de l'énergie et des émissions de CO₂ dues à la production industrielle. Par exemple, en France, en 1996, les producteurs d'acier ont signé avec les pouvoirs publics un protocole prévoyant un abattement d'au moins 10 % de leurs émissions globales de CO₂ entre 1990 et 2000.
- Transports routiers : engagements volontaires de réduction des émissions de CO₂ des automobiles neuves dans le secteur des transports routiers. Par exemple, en 1998, l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) s'est engagée auprès de la Commission européenne à réduire les émissions de CO₂ des voitures particulières à 140 g/km en 2008 et à produire des modèles à très faibles taux d'émission (120 g/km, voire moins).

On pouvait espérer que de telles mesures favoriseraient un recul des émissions de CO₂.

Toutefois, les niveaux récents d'émission de CO₂, de même que les projections à court terme, ne sont pas orientés en ce sens : ils sont en hausse et cette tendance se poursuivra probablement, à court terme du moins. Plusieurs raisons expliquent cette progression des rejets : toutes sont liées à des niveaux élevés de croissance économique dans les pays industrialisés, particulièrement en Europe de l'Ouest et aux États-Unis, où l'on enregistre une forte croissance depuis 1994. En outre, il existe suivant les pays de grandes disparités dans le niveau des taxes sur les carburants et les véhicules qui peuvent, en partie, expliquer l'écart marqué que l'on constate dans le taux de motorisation des pays de l'OCDE ainsi que dans les types de véhicules achetés dans ces pays. Si l'on maintient des régimes fiscaux qui ne vont pas à l'encontre de taux élevés de possession d'un véhicule, associés à une forte demande de déplacements utilisant des véhicules polluants, les tendances ci-dessus à la hausse continueront vraisemblablement dans le plus long terme.

Paramètres influant sur les émissions de CO₂ des voitures particulières

Les émissions totales de CO₂ des voitures particulières sont liées à plusieurs paramètres :

- La consommation unitaire de carburant (en litres aux 100 kilomètres ou en miles par gallon).
- La distance moyenne parcourue annuellement.
- Le nombre de véhicules en circulation.

Consommation unitaire de carburant (ou émissions unitaires de CO₂)

Les voitures particulières vendues en 1999 en Europe ont un taux nominal moyen d'émission proche de 175 grammes de CO₂ par kilomètre parcouru. Cette moyenne est fondée sur plusieurs variables qu'il convient d'examiner :

- Le taux nominal moyen d'émission résulte des mesures effectuées conformément aux cycles d'essai « officiels », c'est-à-dire sans utilisation des dispositifs auxiliaires consommateurs d'énergie tels que les projecteurs, la climatisation, etc. ; le cycle d'essai n'est pas représentatif des conditions réelles d'utilisation et notamment des périodes de conduite dans les encombrements à pleine charge.
- Les différents modèles ont des niveaux variables d'émission selon la motorisation, même lorsqu'ils ont un même type de carrosserie. Ainsi les estimations « officielles » d'émission de CO₂ oscillent entre 136 et 187 g/km pour les modèles 206 de Peugeot et entre 150 et 260 g/km pour les modèles 406 de ce constructeur. Pour les modèles Golf de Volkswagen, elles sont comprises entre 132 et 259 g/km.

Par conséquent, lorsqu'un modèle de voiture particulière est proposé à la vente sur le marché international avec par exemple un taux d'émission de CO₂ de 119 g/km (mesuré en cycle d'essai officiel), ses émissions réelles sont plus proches de 150-160 g/km dans des conditions réelles de conduite. Il faut aussi tenir compte d'autres paramètres comme les fluctuations de la vitesse de conduite en fonction de la densité de circulation et la présence ou l'absence d'un système de climatisation.

Innovations technologiques de réduction des émissions de CO₂

Deux grands programmes de réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ des automobiles ont été lancés, l'un en Europe et l'autre aux États-Unis.

En Europe, l'initiative est conduite par l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) et bénéficie de subventions importantes de la Commission européenne et des divers États membres de l'Union européenne. Aux États-Unis, le programme Partenariat en faveur d'une nouvelle génération de véhicules (*Partnership for a New Generation of Vehicles* – PNGV) réunit les trois principaux constructeurs automobiles et fait l'objet de subventions significatives des pouvoirs publics.

Les constructeurs automobiles européens projettent de produire deux gammes de véhicules :

- Un modèle de petite taille, de 650 kg, d'une puissance comprise entre 25 et 28 kW et dont les émissions de CO₂ s'établiront à 70-80 g en cycle d'essai officiel (soit 90 à 100 g en conditions réelles d'utilisation).
- Un modèle de taille moyenne, de 900 kg, d'une puissance comprise entre 40 et 45 kW et dont les émissions de CO₂ en cycle d'essai officiel seront de 120-130 g (soit 140 à 150 g en conditions réelles d'utilisation).

Les projets des constructeurs automobiles américains sont similaires ; leur objectif est de disposer d'un prototype de production de voiture particulière à très faible consommation de carburant en 2004.

Tous les constructeurs européens et américains parties prenantes à ces programmes ont décidé d'employer des moteurs « classiques », essence et Diesel, mais qui mettent en œuvre de nouvelles technologies (injection directe sur moteurs de taille réduite, suralimentation par turbocompresseur, moteurs sans arbre à cames, hybridation légère, etc.).

Compte tenu des caractéristiques des modèles et de la puissance restreinte des moteurs économes en carburant, les constructeurs éprouveront des difficultés à conserver tous les auxiliaires de confort qui équipent couramment les voitures particulières d'aujourd'hui. Ces nouveaux véhicules devraient présenter des performances adaptées à la conduite en ville, sur les routes principales et grandes artères, mais inférieures à celles des véhicules actuellement disponibles, notamment en matière d'accélération, de vitesse maximale et de stabilité dans les virages.

On peut se demander si les conducteurs choisiront d'acquérir des voitures particulières de nouvelle génération, aux performances et au confort réduits, plutôt que les véhicules d'aujourd'hui aux performances et aux niveaux d'équipement supérieurs.

Les tendances récentes renforcent cette interrogation. Du fait de l'augmentation de leur revenu disponible, les consommateurs s'orientent plutôt vers des véhicules plus lourds et plus puissants, qui offrent un meilleur niveau de confort et d'équipements et des performances sur route égales ou supérieures. Le tableau 9 ci-dessous, qui fait ressortir l'accroissement de la puissance moyenne des voitures particulières dans quatre pays européens, témoigne de ces tendances.

Tableau 9. **Puissance moyenne des voitures particulières neuves dans quatre pays d'Europe**

	1996	1998	1999	2000
Allemagne	71 kW	76 kW	78 kW	81 kW
France	57 kW	63 kW	65 kW	67 kW
Italie	61 kW	60 kW	62 kW	63 kW
Royaume-Uni	70 kW	75 kW	76 kW	76 kW

Source : CCFA (Comité des constructeurs français d'automobiles), juillet 2001.

Distance annuelle moyenne parcourue et nombre de véhicules en circulation

La distance moyenne parcourue annuellement par véhicule et le nombre de véhicules en circulation constituent des paramètres utiles d'évaluation des émissions de CO₂ dégagées par les transports. Les données du tableau 10 ci-dessous mettent en évidence l'évolution de la valeur de ces paramètres en France.

Tableau 10. **Automobiles en circulation et distance annuelle moyenne parcourue – France**

	Distance annuelle moyenne parcourue par véhicule (en km)	Automobiles en circulation (en millions)
1980	12 800	18.6
1990	13 600	23.3
1995	14 400	25.0
1998	14 500	26.4
1999	14 100	27.1
2000	13 800	27.7

Source : INRETS (Institut national de la recherche sur les transports et leur sécurité – France) et CCFA.

En France, eu égard à la croissance du nombre de véhicules et de la distance annuelle moyenne parcourue par véhicule entre 1990 et 1998, il eût été nécessaire de réduire la consommation unitaire de carburant des voitures particulières de plus de 20 % pour stabiliser la consommation de carburants et les émissions de CO₂.

Le nombre de véhicules en circulation progresse en raison de l'expansion de la population et du taux de motorisation. Le taux de motorisation pour 1 000 habitants ne cesse de s'élever dans tous les pays industrialisés de l'Europe de l'Ouest, au Japon et en Amérique du Nord (où, dans les années 1980, ce taux semblait se rapprocher du point de saturation). D'autres pays (Corée, Turquie et Pologne) connaissent aujourd'hui des augmentations similaires de leur taux de motorisation.

Au cours des dix dernières années, la poussée du taux de motorisation a atteint plus de 230 % en Corée, 200 % en Turquie, 99 % en Pologne, 30 % au Brésil et en Espagne et même 13 % en France (voir tableau 11).

Tableau 11. Taux de motorisation pour 1 000 habitants

	1985	1990	1995	2000	Évolution 1990-2000
États-Unis	708	752	759	785	+4 %
Japon	375	456	527	567	+24 %
France	446	495	520	560	+13 %
Allemagne	450	512	529	556	+9 %
Union européenne	380	454	473	534	+18 %
Espagne	276	403	430	523	+30 %
Royaume-Uni	379	454	474	512	+13 %
Pologne	117	160	229	317	+99 %
Corée	25	71	177	238	+235 %
Brésil	86	87	89	114	+31 %
Turquie	27	37	65	111	+200 %
Chine	3	5	8	11	+120 %
Inde	3	5	6	8	+60 %

Source : CCFA (Comité français des constructeurs d'automobiles), juillet 2001.

Au vu de ces données, il est manifeste que l'essor du taux de motorisation se poursuivra dans les pays industrialisés pour avoisiner le taux de motorisation actuel des États-Unis. Le potentiel d'augmentation de ce taux est également considérable à court terme dans les pays peuplés tels que le Brésil, l'Argentine et le Mexique et éventuellement à long terme en Chine et en Inde.

Les indicateurs que constituent la consommation unitaire de carburant, la distance moyenne parcourue annuellement et le nombre de véhicules en circulation font apparaître que les émissions globales de CO₂ des voitures particulières ne régresseront pas d'ici à 2010-15, mais devraient plutôt progresser fortement. Toutefois, l'application de mesures économiques telles que les taxes sur les carburants, les taxes sur les véhicules fondées sur leur efficacité énergétique et la tarification routière peuvent contribuer à modérer cette croissance attendue, en diminuant la demande globale et en encourageant un transfert vers des véhicules plus efficaces et à faibles émissions.

Projections d'évolutions dans le transport de marchandises

Les marchandises sont essentiellement transportées par la route, le rail et les voies navigables. Au cours de ces 30 dernières années, le volume de marchandises transportées s'est accru dans presque tous les pays du monde, de même que la proportion de marchandises transportées par la route, ce même dans les pays industrialisés disposant d'un réseau ferroviaire moderne et très dense. Cet essor du transport routier résulte notamment d'une augmentation de la proportion des transports de marchandises sur courtes distances, des livraisons de marchandises « juste à temps », d'une hausse de la demande en services de livraison porte-à-porte et d'une plus grande flexibilité.

Plusieurs pays, y compris la France et la Suisse, ont engagé des actions destinées à infléchir ces tendances, qui prennent la forme d'engagements volontaires ou de mesures restrictives.

La France encourage le ferroutage depuis 1990 par le biais de liaisons spécifiques entre les grandes villes et grands marchés et de tarifs avantageux, etc. Les résultats ont été positifs à certains égards ; la part du ferroutage dans le transport ferroviaire total est passée de 15 % en 1990 à 26 % en 1997. Mais le transport ferroviaire de marchandises, ferroutage compris, est resté stable – il est au même niveau qu'en 1989. En France, en 1999, le transport routier représentait près de 75 % du transport terrestre de marchandises (en millions de tonnes-kilomètres) et son développement a été relativement rapide (puisqu'il s'établissait à 72 % à la fin de 1994) : seul le transport routier a recueilli

les fruits de la croissance économique soutenue de ces dernières années et de la croissance de la demande en transport terrestre de marchandises qui l'a accompagnée.

La Suisse constitue une étude de cas intéressante. Elle a, de façon très stricte, limité à 28 tonnes la masse totale des poids lourds traversant la Suisse par la route : les véhicules lourds d'une masse supérieure à cette valeur limite, sont contraints d'emprunter le rail pour traverser la Suisse (pour se rendre d'Allemagne en Italie, par exemple). Parallèlement à cette mesure restrictive appliquée aux transports routiers, le réseau ferroviaire a été amélioré pour répondre à la demande accrue de transport par le rail.

Cette stricte limitation des transports routiers n'a pas eu d'effets très marqués :

- La part du trafic ferroviaire national de marchandises a diminué au profit du transport routier.
- La part du trafic routier international de marchandises – soumis à cette limitation de 28 tonnes – dans le trafic terrestre global de marchandises (route et rail) est passée de 7 % en 1984 à 26 % en 1994 (Département fédéral des Transports, des Communications et de l'Énergie, 1996).

Cette réglementation suisse a, plus récemment, débouché sur un contournement de la Suisse par le trafic routier international de marchandises.

La Suisse a présentement décidé de relever graduellement la limitation de la masse des camions à 40 tonnes et d'imposer le paiement d'une redevance au trafic routier international de marchandises. Elle autorisera 300 000 poids lourds par an à traverser son territoire en 2001 et 2002, puis portera ce chiffre à 400 000 en 2003 et 2004 pour lever toute restriction à partir de 2005. En 2001, la limitation de la masse des camions est passée de 28 tonnes à 34 tonnes et la redevance poids lourds a été introduite. En 2005, le montant de la redevance poids lourds sera augmenté et la limitation de la masse des camions sera généralisée à 40 tonnes (Département Fédéral des Transports, des Communications et de l'Énergie, 2000).

Certaines évaluations préliminaires permettent de penser que, malgré la redevance d'usage que l'on envisage de prélever, le transport routier de marchandises continuera d'être plus attractif que le transport ferroviaire (en raison de la nature de la demande de transport de marchandises et, notamment, des exigences de livraison « juste à temps »). Il semblerait que le fret routier traversant le pays augmentera fortement (INRETS, 1999).

Innovations technologiques visant à réduire les émissions de CO₂ engendrées par les poids lourds

Des transformations technologiques destinées à réduire la consommation des camions (par exemple, utilisation de moteurs Diesel à meilleur rendement énergétique, optimisation des équipements auxiliaires), et par conséquent leurs émissions de CO₂, sont à l'étude. Aujourd'hui, les camions de 40 tonnes consomment environ 33 à 35 litres de gazole aux 100 km, à une vitesse commerciale de 70 km/h. Les améliorations projetées ont pour objectif de réduire la consommation de carburant à environ 30 l/100 km, à une vitesse commerciale de 72-74 km/h.

Les autres innovations portent sur une augmentation du volume de marchandises transportées par camion (grâce à une réduction de la proportion des camions vides empruntant le réseau routier).

Les réformes de la réglementation du transport ferroviaire et des autres secteurs du transport seront nécessaires pour fournir une approche équilibrée à la croissance du transport et offrir des opportunités pour renverser cette tendance. A ce jour, l'impact de telles restrictions sur le transport routier n'a pas été concluant. En outre, avec les évolutions rapides dans le domaine du commerce électronique, de la logistique et des technologies de l'information et des communications, ceci nécessitera une approche globale, et non modale, du développement des politiques de transport.

Conclusions : projections d'évolutions des émissions de CO₂

En se fondant sur la relation linéaire qui lie le PIB à la demande de carburants à des fins de mobilité au cours de la période 1971-1999 et sur l'hypothèse d'une poursuite de l'expansion économique, l'AIE (2000) prévoit que les émissions totales de CO₂ et les émissions engendrées par les

transports seront en hausse en 2010 et 2020. Les projections de l'AIE sont fondées sur une « approche de référence » qui tient compte d'un ensemble de nouvelles politiques et mesures prises dans les pays de l'OCDE pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, telles que les accords volontaires et les programmes d'efficacité énergétique. Cette approche ne prend pas en considération les initiatives politiques futures ou probables. Selon les estimations de l'AIE la croissance annuelle des émissions globales de CO₂ pour les pays de l'OCDE s'élèvera à 1.1 % entre 1997 et 2010, et à 1.0 % entre 1997 et 2020, en outre la part des transports dans ces émissions globales passera de 27 % en 1997 à 31 % en 2020. Toujours selon l'AIE, les émissions mondiales de CO₂ progresseront de 2.1 % par an entre 1997 et 2020, et les transports seront responsables respectivement de 22 % et 23 % des émissions mondiales de CO₂ en 2010 et 2020. On s'attend donc à une hausse des émissions de CO₂ et à ce qu'un cinquième de l'accroissement des émissions globales de CO₂ provienne du secteur des transports.

Tableau 12. **Prévision de la croissance des émissions de CO₂ et de la part des émissions de CO₂ dues aux transports par rapport aux autres secteurs**

Région	Croissance des émissions CO ₂ 1997-2020 Tous secteurs	Croissance des émissions de CO ₂ 1997-2020 Transport	Part du transport dans les émissions de CO ₂ 1997	Part du transport dans les émissions de CO ₂ 2010	Part du transport dans les émissions de CO ₂ 2020
Monde	60 %	75 %	21 %	22 %	23 %
OCDE	25 %	41 %	27 %	30 %	31 %
OCDE Europe	23 %	41 %	24 %	27 %	28 %
OCDE Amérique du Nord	28 %	43 %	30 %	33 %	24 %
OCDE Pacifique	18 %	32 %	24 %	26 %	27 %

Source : AIE (2000).

Au début des années 1990, tous les pays industrialisés ont construit des modèles destinés à prévoir la croissance de transport entre 1990 et 2010-2020, voire jusqu'en 2040 pour certains d'entre eux. Ces modèles ont permis d'analyser la part des transports routiers dans le transport de marchandises et, par conséquent, les besoins en carburants (essence, gazole).

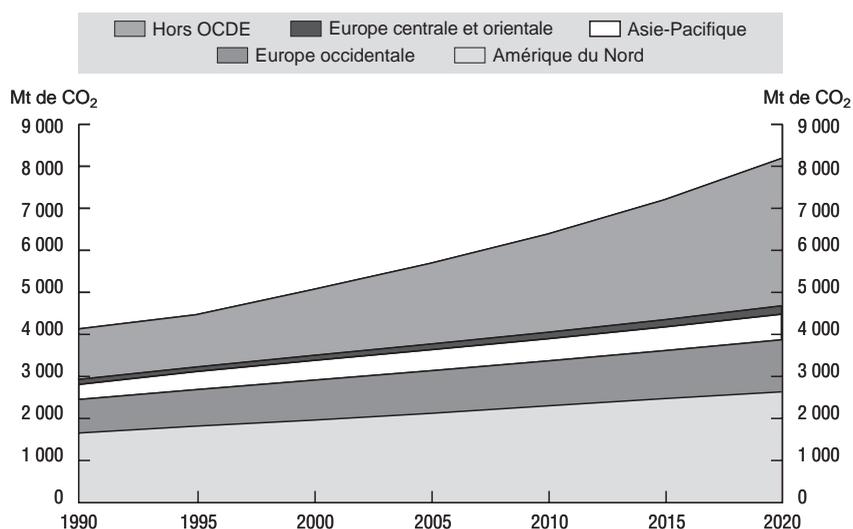
Les résultats publiés par certains pays en 1996-98 montrent de grandes disparités dans leurs prévisions relatives à l'évolution des émissions :

- Les projections d'émissions de CO₂ les plus favorables prévoient une stabilisation – ou une augmentation inférieure à 10 % – de la consommation de carburants des transports routiers en 2010 par rapport à 1994.
- Les projections les plus défavorables prévoient une augmentation de 2 % par an, c'est-à-dire une augmentation de 50 % des émissions de CO₂ des transports routiers en 2010 par rapport au niveau de 1994. L'une des projections sous-jacentes est un doublement du transport routier de marchandises dans l'Union européenne au cours de la période.

L'analyse de l'essor récent des transports routiers fait apparaître que la demande est élevée et sous-tendue par de puissantes forces liées à la croissance économique et autres facteurs. Aujourd'hui, l'ampleur de la croissance du trafic routier est proche de la valeur supérieure de la fourchette d'accroissement produite par les modèles, aussi estime-t-on que la consommation de carburants augmente d'environ 2 % par an dans la majorité des pays industrialisés.

Ces tendances permettent de penser que les émissions de CO₂ ne cesseront d'augmenter de façon significative au cours des dix prochaines années. Eu égard aux raisons sous-jacentes de ces augmentations, il sera très difficile – et peut-être impossible – d'infléchir ces tendances à court terme.

En se fondant sur l'hypothèse selon laquelle aucune mesure drastique ne sera prise, la direction de l'Environnement de l'OCDE prévoit que les émissions globales de CO₂ dues au transport vont plus que doubler d'ici 2020 par rapport aux niveaux de 1990 (OCDE, 2001) (voir graphique 5).

Graphique 5. Croissance prévue des émissions de CO₂ dues au transport


Source : OCDE (2001).

Voitures particulières

Les consommateurs s'orientent vers des véhicules toujours plus puissants, équipés d'auxiliaires de confort (climatisation, écrans de télécommunication/navigation).

Les taux de motorisation progressent dans tous les pays industrialisés, mais sont encore très éloignés de la saturation excepté aux États-Unis. Ce phénomène a plusieurs causes : allongement de la distance entre le logement et le lieu de travail, manque de transports publics adaptés (particulièrement dans les banlieues), centres commerciaux aisément accessibles en voiture et commodité de la voiture pour transporter les biens de consommation et les personnes.

Les innovations technologiques produiront des véhicules économes en énergie. Toutefois, le renouvellement du parc automobile sera lent – il exige généralement dix ans – et il n'est pas certain que les consommateurs seront prêts à acheter des véhicules peu performants.

En raison de ces facteurs, et malgré l'apport des nouvelles technologies, les émissions de CO₂ des voitures particulières dans les pays de l'OCDE n'auront pas diminué d'ici 2010-15 par comparaison à 1990. On peut même s'attendre à ce qu'elles augmentent significativement dans certains pays, Membres et non membres de l'OCDE.

Transport de marchandises

Les avantages du transport routier (livraisons « juste à temps », service de porte-à-porte, productivité, efficacité, etc.) sont à ce point manifestes que, même avec des contraintes réglementaires (portant, par exemple, sur la sécurité, la pollution et le bruit) et une tarification spécifique (péages), la part du transport routier de marchandises continuera à augmenter par rapport aux autres modes de transport, dans les pays de l'OCDE comme dans les autres pays.

La part des transports routiers dans les transports terrestres, qui est voisine de 75 % dans plusieurs pays de l'OCDE, pourrait atteindre 80 % dans ces pays d'ici à quelques années et quasiment 100 % dans certains pays en développement, alors même que le transport de marchandises poursuivra son expansion.

Les évolutions technologiques permettront certainement de réduire la consommation de carburant des camions. Toutefois, les diminutions de consommation seront sans doute absorbées par l'essor attendu de la demande de transport routier.

Le transport routier est le seul mode de transport à s'être adapté rapidement à la croissance économique, élevée et persistante, de ces dernières années et à avoir canalisé l'augmentation de la demande de transport de marchandises. Cependant, le transport ferroviaire doit subir de profondes réformes dans de nombreux pays et faire l'objet d'importants investissements d'infrastructure, ce qui exigera un temps considérable et ne pourra être réalisé que dans des zones géographiques spécifiques. Du fait de la rigidité de l'infrastructure ferroviaire, les services ferroviaires peuvent difficilement répondre aux déplacements géographiques incessants de la demande de fret engendrés par les déplacements des centres économiques (usines et centres de commerce).

En raison de ces facteurs, les émissions de CO₂ générées par le transport de marchandises augmenteront d'ici à 2010-15 dans la majorité des pays.

Les évolutions technologiques en cours ne sauraient réduire ou même stabiliser les émissions de CO₂ des transports routiers d'ici à 2010-15.

Les réserves mondiales de pétrole et de gaz naturel sont très importantes. Si l'on peut s'attendre à ce qu'un certain relèvement ou fléchissement des prix accompagne les fluctuations de l'état du marché, une hausse des prix des carburants, due aux mécanismes du marché, dont l'ampleur serait susceptible de modifier la demande de transport des consommateurs, semble peu vraisemblable.

En conséquence, une réduction substantielle des émissions de CO₂ est improbable à l'horizon des prévisions en dépit du progrès technologique ou des fluctuations potentielles de la demande sous-jacente de transport ou d'une conjonction de ces deux éléments. Il semblerait qu'une augmentation des taxes ou autres mesures imposées par les pouvoirs publics ou encore une modification des comportements des consommateurs soient plus à même de réorienter la demande qu'un renchérissement des carburants résultant des mécanismes du marché.

Cette analyse conforte l'idée qu'il convient d'étudier de façon plus approfondie, à l'aide de modèles, l'impact potentiel des nouvelles mesures prises par les pouvoirs publics et, notamment, des nouvelles taxes ou réglementations visant à réduire les émissions de CO₂.

RÉFÉRENCES

- AIE (2000),
World Energy Outlook 2000, Agence internationale de l'énergie, OCDE, Paris.
- Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et des communications (1996),
Message relatif à une loi fédérale concernant la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations,
Berne, Suisse.
- Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et des communications (2000),
Fair und effizient LSVA, Berne, Suisse.
- INRETS (1999),
« Actes de la Conférence sur les Recherches européennes et traversées alpines », tenue à Annecy (France) les
9-10 septembre 1999, INRETS, Arcueil, France.
- OCDE (2001),
Les perspectives de l'environnement de l'OCDE, OCDE, Paris.

Annexe A

LISTE DES PARTICIPANTS

PRÉSIDENT : M. Jean Delsey (INRETS, France)

Australie

M. Jonathon REAL
Federal Office of Road Safety

Canada

M. Bruno GOBEIL
Transport Canada
Mme Nancy HARRIS
Transport Canada

Corée

M. Sungwon LEE
Korea Transport Institute
M. Sang-Do KIM
Ministry of Construction and Transportation

Danemark

M. Bo EKMAN Danish
Road Directorate

États-Unis

M. Michael SAVONIS
Federal Highway Administration (FHWA)

France

M. Jean DELSEY
INRETS
M. Jean-Pierre ROTHEVAL
CERTU

Hongrie

M. Boldizsár VÁSÁRHELYI
Institute for Transport Sciences (KTI)
M. Ivan POLLAK
Institute for Transport Sciences (KTI)

Italie

M. Stefano SERANGELI
ANAS

Japon

M. Hirofumi OHNISHI
Public Works Research Institute

Norvège

M. Arild VOLD
Institute of Transport Economics

Nouvelle-Zélande

M. Alastair PATRICK
Ministry of Transport

Pays-Bas

M. Paul POLAK
Transport Research Centre (AVV)

République tchèque

M. Jiri DUFEK
Transport Research Centre (CDV)

Royaume-Uni

Mme Elizabeth COX
Department of the Environment, Transport and the
Regions
M. Nick BARTER
Department of the Environment, Transport and the
Regions

Suisse

M. Lucien FROIDEVAUX
Office Fédéral des Routes

Secrétariat OCDE

Dr. Anthony OCKWELL
Mme Véronique FEYPELLE-DE LA BEAUMELLE
M. John WHITE

Appendice A

CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) distingue deux types de parties à la Convention, dont la nature des engagements diffère : les parties visées à l'Annexe I et les parties non visées à l'Annexe I de la CCCC.

- Les parties visées à l'Annexe I comprennent les pays industrialisés de l'OCDE et les pays à économie en transition. Chaque année, elles sont tenues de soumettre à la Conférence des parties (COP) une communication nationale qui dresse un inventaire de toutes les émissions de gaz à effet de serre (sources et puits) et présente la liste des politiques et mesures mises en œuvre (ainsi qu'une projection des émissions pour les années 2000, 2010 et 2020). Elles se doivent de promouvoir le concept de « développement durable » et de respecter leur engagement quantifié de limitation et de réduction des émissions.
- Les parties non visées à l'Annexe I (pays en développement et pays nouvellement industrialisés) sont constituées par les autres pays du monde (G77 + Chine). Elles ont l'obligation de produire une communication nationale à partir de 1997, puis aussi souvent que possible.

Les parties visées à l'Annexe II sont les pays qui figurent à l'Annexe II de la Convention-cadre sur les changements climatiques (ce sont les pays Membres de l'OCDE en 1992 et l'Union européenne). Il leur appartient de dégager des subventions nouvelles et additionnelles pour financer le Fonds pour l'environnement mondial afin de couvrir la totalité des coûts supplémentaires convenus pour progresser dans l'exécution des engagements énoncés dans le Protocole. En outre, elles doivent fournir des ressources destinées à favoriser un transfert de technologie en direction des parties non visées à l'Annexe I *via* des canaux bilatéraux et multilatéraux.

Liste des pays de l'Annexe I

Allemagne	Grèce	Pays-Bas
Australie	Hongrie	Pologne
Autriche	Irlande	Portugal
Bélarus	Islande	République slovaque
Belgique	Italie	République tchèque
Bulgarie	Japon	Roumanie
Canada	Lettonie	Royaume-Uni
Croatie	Liechtenstein	Russie
Danemark	Lituanie	Slovénie
Espagne	Luxembourg	Suède
Estonie	Maroc	Suisse
États-Unis	Monaco	Turquie
Finlande	Norvège	Ukraine
France	Nouvelle-Zélande	Union européenne

Appendice B

ÉMISSIONS DE CO₂ DUES AUX TRANSPORTS ROUTIERS (mt CO₂)

Pays	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Évolution Année de réf. 1999 (%)	Objectif national d'émissions de CO ₂ (%) par rapport au niveau de 1990 l'année de référence dans le cadre du Protocole de Kyoto
Allemagne	151.312	154.738	157.983	162.668	160.137	162.634	164.012	164.917	168.222	173.789	14.9 %	-21
Australie	54.907	52.869	54.027	55.174	56.745	58.247	60.150	61.280	62.265	63.881	16.3 %	8 %
Autriche	14.355	15.839	15.832	16.078	16.027	16.272	16.313	16.664	16.011	16.566	15.4 %	-13 %
Belgique	19.601	19.790	20.526	21.039	21.522	21.594	22.013	22.287	22.971	23.287	18.8 %	-7.5 %
Bulgarie	5.835	3.415	3.509	3.968	3.675	3.964	4.001	4.065	5.048	5.216	-24.3 %	-8 %
Canada	95.940	92.921	94.649	97.024	101.717	104.389	106.171	109.955	112.299	115.275	20.2 %	-6 %
Corée	31.916	36.651	41.634	46.962	53.030	60.222	65.958	65.101	53.950	59.248	85.6 %	
Danemark	9.409	9.824	9.957	10.072	10.574	10.693	10.825	11.032	11.097	11.349	20.6 %	-21 %
Espagne	53.692	56.603	59.862	59.092	61.391	62.353	66.143	66.899	73.455	77.477	44.3 %	15 %
États-Unis	1 141.462	1 126.666	1 161.280	1 187.042	1 230.029	1 266.172	1 296.944	1 325.327	1 370.434	1 412.922	23.8 %	-7 %
Ex-URSS	219.486	295.764	224.857	176.531	152.038	139.721	133.998	130.506	144.418	140.793	-35.9 %	0 % pour la Russie et l'Ukraine, -8 % pour l'Estonie, la Lettonie et la Lituanie
Finlande	10.967	10.649	10.629	10.368	10.741	10.585	10.321	10.895	11.006	11.207	2.2 %	0 %
France	109.566	112.357	115.137	116.130	117.678	118.722	118.751	121.169	125.624	128.057	16.9 %	0 %
Grèce	11.710	12.552	12.853	13.151	13.335	13.765	14.425	14.760	15.508	15.786	34.8 %	25 %
Hongrie	7.713	6.914	6.751	6.793	6.624	6.844	6.843	7.274	8.160	8.658	22.5 %	-6 %
Irlande	4.654	4.839	5.258	5.235	5.460	5.648	6.570	6.921	8.204	9.076	95.0 %	13 %
Islande	0.539	0.557	0.552	0.552	0.564	0.551	0.607	0.529	0.560	0.579	7.5 %	10 %
Italie	93.108	94.991	100.125	102.153	101.880	104.021	104.551	106.019	109.701	110.853	19.1 %	-6.50 %
Japon	179.722	186.926	194.616	194.674	205.105	209.488	216.698	221.229	220.772	223.954	24.6 %	-6 %
Luxembourg	2.641	3.142	3.437	3.481	3.543	3.368	3.463	3.664	3.829	4.129	56.3 %	-28 %
Mexique	84.196	90.976	92.394	94.362	95.912	92.422	89.858	92.150	94.719	96.219	14.3 %	
Norvège	7.738	8.124	8.255	8.663	8.609	8.884	9.333	9.317	9.489	9.795	26.6 %	1 %
Nouvelle-Zélande	5.955	5.989	6.080	6.073	6.229	6.397	6.418	6.561	6.629	6.726	12.9 %	0
Pays-Bas	24.032	24.091	25.168	25.719	26.100	26.824	28.603	28.962	28.609	28.706	19.4 %	-6 %
Pologne	17.977	19.520	20.279	19.840	20.756	21.533	24.670	26.225	25.879	29.014	40.1 %	-6 %
Portugal	9.199	9.916	10.831	11.402	11.987	12.469	13.265	13.808	15.032	15.797	71.7 %	27 %
Rép. slovaque	2.921	2.454	2.774	2.653	3.189	3.615	3.375	3.409	4.058	4.123	41.1 %	-8 %
Rép. tchèque	7.000	6.220	7.797	7.902	8.620	7.288	9.646	9.876	10.147	10.636	51.9 %	-8 %
Roumanie	10.768	9.099	8.339	6.977	7.600	6.983	10.134	9.742	9.545	7.443	-18.5 %	-8 %
Royaume-Uni	108.569	107.809	109.271	110.558	111.245	110.232	114.519	115.983	115.278	114.403	5.4 %	-12.50 %
Slovénie	2.610	2.462	2.526	3.065	3.428	3.823	4.346	4.557	4.006	3.799	45.5 %	-8 %
Suède	18.136	17.943	18.670	18.414	19.157	19.242	19.107	19.249	19.543	19.970	10.1 %	4 %
Suisse	14.139	14.586	14.940	13.958	14.441	14.151	14.214	14.708	14.848	14.711	4.0 %	-8 %
Turquie	25.622	24.631	24.953	29.875	28.439	31.226	32.895	29.991	27.142	29.903	16.7 %	
15 pays de l'UE	640.951	655.083	675.540	685.561	690.777	698.422	712.881	723.229	744.090	760.452	18.6 %	-8 %
Non OCDE	899.565	1 011.781	973.990	976.459	995.418	1 047.508	1 106.930	1 152.559	1 193.493	1 218.633	35.5 %	
OCDE	2 318.699	2 331.088	2 406.520	2 457.108	2 530.784	2 589.851	2 656.663	2 706.159	2 765.442	2 846.097	22.7 %	
MONDE	3 218.263	3 342.869	3 380.509	3 433.567	3 526.203	3 637.359	3 763.593	3 858.719	3 958.935	4 064.729	26.3 %	

Source : AIE (2001).

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(77 2002 01 2 P) ISBN 92-64-29678-6 – n° 52254 2002