



Conseil économique et social

Distr. générale
10 février 1998
Français
Original: anglais

Comité des sources d'énergie nouvelles et renouvelables et de l'énergie pour le développement

Troisième session

New York, 23 mars-3 avril 1998

Point 4 d) de l'ordre du jour provisoire

Énergie et développement durable

Énergie et moyens de transport

Rapport du Secrétaire général

Résumé

La croissance de la demande pétrolière, au cours des 25 dernières années, a pour une large part été imputable au secteur des transports et cette tendance devrait se poursuivre à moyen terme. Au cours de la période 1970-1994, la demande énergétique mondiale au titre des transports a augmenté à un taux annuel moyen d'environ 1,9 %. Dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), la demande énergétique pour les principaux moyens de transport au cours de la même période a augmenté à un taux annualisé d'environ 1,4 %; dans les pays en développement, comme on peut s'y attendre compte tenu de leur faible niveau initial de consommation, ces taux de croissance ont été plus élevés, pour atteindre une moyenne annuelle d'environ 5,3 %. Dans les pays européens non membres de l'OCDE, la demande énergétique pour les moyens de transport a enregistré un faible recul au cours de cette période.

Les moyens de transport dépendent presque complètement de carburants dérivés du pétrole, et sont à l'origine de près de 60 % de la consommation pétrolière mondiale finale; les préoccupations croissantes concernant l'impact de cette consommation sur l'environnement, en particulier les émissions de gaz à effet de serre, ont stimulé les travaux de recherche et la mise au point de carburants et de technologies de remplacement. Toutefois, les véhicules utilisant du carburant de substitution ne représentent toujours qu'une faible proportion du parc automobile mondial.



Les transports continuent d'avoir un impact très important sur l'environnement; toutefois, un petit nombre de pays ont accompli des progrès notables dans la diminution de certains de leurs effets, notamment en ce qui concerne les émissions de gaz par les véhicules, grâce à la mise au point des convertisseurs catalytiques et de combustibles plus propres. Les émissions de gaz carbonique, le principal gaz à effet de serre tellement préoccupant, ne cessent d'augmenter, ce qui est inévitable puisqu'il s'agit d'un sous-produit de la combustion des combustibles fossiles. Toutefois, l'impact des transports sur l'environnement ne se limite pas dans le temps au cycle de combustion du carburant et intervient tout au long du cycle de vie du véhicule et du combustible.

Les gouvernements ont un important rôle à jouer dans l'atténuation de l'impact des transports sur l'environnement; il leur appartient en effet de formuler et de mettre en oeuvre un programme énergétique visant à améliorer l'efficacité des moyens de transport et à encourager l'utilisation de carburants de substitution.

Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. Introduction	1-4	3
II. Les transports et l'économie	5-8	3
III. Énergie et transport	9-21	5
IV. Carburants de remplacement	22-28	11
V. Transport et environnement	29-32	12
VI. Conclusions et mesures proposées	33-38	14
 Tableaux		
1. Croissance annuelle du produit intérieur brut et des transports, pays de l'OCDE, 1975-1990		4
2. Véhicules automobiles en usage dans le monde, 1970-1994		8
3. Véhicules automobiles en usage par rapport à la population de certains pays		9
 Graphiques		
I. Consommation énergétique des transports par rapport au produit intérieur brut, échantillon des grands consommateurs de carburant, 1994		4
II. Part en pourcentage par région de la consommation totale des principaux types de carburant utilisés dans les transports		6
III. Consommation totale par région des principaux carburants utilisés dans les transports de 1970 à 1994		7
IV. Émissions de gaz à effet de serre de divers carburants pendant leur cycle de vie		14

I. Introduction

1. On examine dans le présent rapport les tendances mondiales du secteur des transports et on s'attache particulièrement aux pays grands consommateurs de moyens de transport ainsi qu'aux pays en développement dont la demande en la matière ne cesse de croître. Les pays développés comme les pays en développement sont confrontés à des problèmes analogues qui résultent d'une mobilité accrue et d'activités de fret plus nombreuses ainsi que de la tendance de plus en plus marquée à utiliser pour le transport tant des passagers que des marchandises des véhicules à moteur, souvent aux dépens d'autres moyens de transport.

2. Il a toujours existé une étroite corrélation entre la croissance économique et la demande de transport encore qu'au sein des principaux pays développés, ce rapport se relâche en raison de la «dématisation» croissante de leurs économies. Ces pays favorisent néanmoins de plus en plus un système de transport plus rapide et plus souple, quoique consommant davantage d'énergie pour répondre à la demande en services de fret.

3. L'intérêt porté aux carburants de remplacement reste vif, stimulé par les préoccupations environnementales que suscite l'impact croissant des émissions de gaz par les moyens de transport et leur quasi-dépendance à l'égard des dérivés du pétrole. On examine brièvement dans le présent rapport les diverses possibilités qui s'offrent en matière de carburants et de véhicules de remplacement actuellement à l'essai, ou déjà éprouvées voire commercialisées.

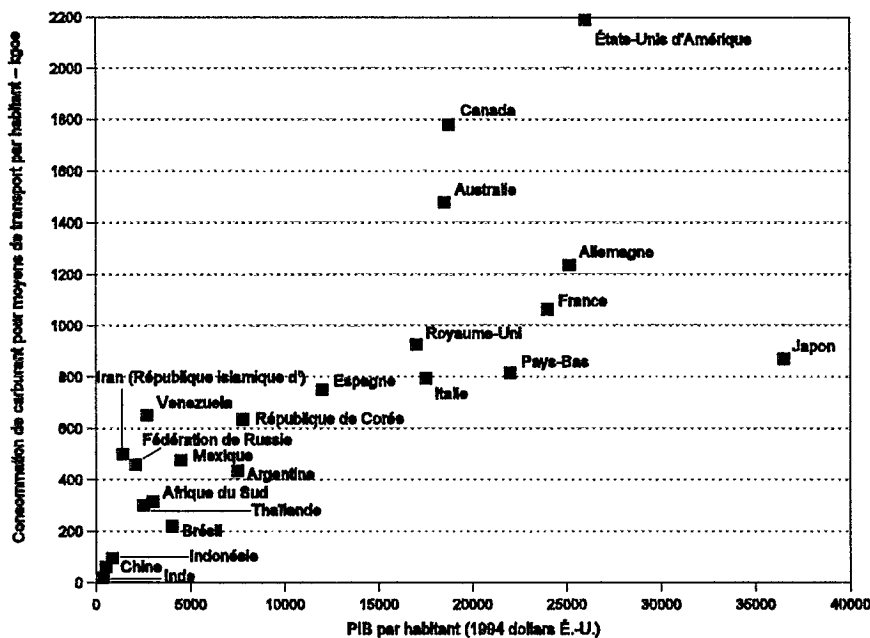
4. Le présent rapport se borne dans une large mesure à examiner l'utilisation des carburants par les moyens de transport et les problèmes environnementaux qui en découlent et n'accorde pas une large place aux diverses dispositions prises pour faire face à ces problèmes bien que celles-ci aient manifestement une influence sur le volume des émissions de gaz à effet de serre et des autres polluants gazeux et solides émanant des moyens de transport. Dans plusieurs pays, l'action des pouvoirs publics dans divers domaines liés aux transports – infrastructure et aménagement des sols, changement des modes de transport et qualité de l'air, en particulier en milieu urbain – a été particulièrement constructive (pour une analyse instructive des moyens d'action dans les domaines de l'énergie et des transports, voir E/CN.17/1997/17/Add.1).

II. Les transports et l'économie

5. Les transports sont une importante composante de toute économie et leur contribution indirecte au produit intérieur brut (PIB) est loin d'être négligeable. Ce secteur est une excellente source d'emplois et, étant donné qu'il favorise le développement national et régional ainsi que la mondialisation, ses retombées bénéfiques indirectes sont nombreuses. Les transports – matériel et transport des passagers et des marchandises – sont l'un des secteurs dont la croissance est la plus rapide dans l'économie mondiale mais dont les coûts sociaux et environnementaux, notamment accidents, pollution et dégradation des écosystèmes et des sites sont par ailleurs considérables.

6. Le rapport exact entre les transports et l'activité économique varie en fonction du niveau de développement économique, mais les données recueillies au fil des ans confirment la corrélation entre le PIB par habitant et la demande en matière de transport comme le montre le graphique I. Les pays, dont la consommation énergétique au titre des transports est élevée par rapport à celle d'autres pays ayant un revenu d'un niveau analogue, ont tendance à avoir une faible densité démographique ou à appliquer au carburant automobile des prix relativement faibles. Dans un certain nombre de pays en développement, l'essor des transports est allé de pair avec un développement économique rapide. On peut s'attendre à de nouvelles mutations dans la demande et les services en matière de transport dans bon nombre de pays en développement dont la stratégie de développement consiste en effet désormais à abandonner la transformation des matières premières au profit de la production d'articles semi-finis et finis, de moindre densité et ayant une valeur unitaire plus élevée.

Graphique I
**Consommation énergétique des transports par rapport au produit intérieur brut,
 échantillon des grands consommateurs de carburant, 1994**



Source : Département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, établi sur la base de l'*Annuaire des statistiques* des Nations Unies (quarante et unième édition) et de l'*Annuaire des statistiques* de l'énergie de 1994.

7. Dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) la croissance du secteur des transports a suivi de près celle du PIB. On trouvera au tableau 1 les chiffres concernant la croissance moyenne annuelle du PIB et celle du secteur des transports dans ces pays. On peut évaluer le rôle que jouent les transports dans la performance économique nationale en calculant la part du PIB imputable à la demande finale relative aux transports; pour les États-Unis d'Amérique, cette part représentait environ 10 % du PIB, soit environ 777,2 milliards de dollars des États-Unis¹.

Tableau 1
**Croissance annuelle du produit intérieur brut
 et des transports, pays de l'OCDE, 1975-1990**

	PIB	Transport des marchandises	Transport des passagers
OCDE-Europe	+2,6	+2,8	+2,8
États-Unis d'Amérique	+2,8	+2,6	+2,3
Japon	+4,2	+3,6	+2,6

Source : Conseil mondial de l'énergie, *Global Transport Sector Energy Demand Towards 2020* (Demande énergétique mondiale pour le secteur des transports aux alentours de l'an 2020) (1995), p. 27.

8. Le secteur public doit faire face à de lourdes dépenses pour construire, entretenir et réglementer le réseau routier, les installations de transport en commun, les ports et les voies fluviales, les chemins de fer et les oléoducs. Dans de nombreux pays, la plupart des coûts directs afférents à la mise en place et à l'entretien des aménagements pour les transports sont recouverts au moyen de taxes et de droits imposés aux usagers et sur les recettes fiscales générales. Les décideurs admettent communément que le secteur des transports joue un rôle important dans l'amélioration de la performance économique générale comme en témoigne la priorité qu'ils accordent aux investissements destinés à l'infrastructure des transports, un système de transport efficace étant indispensable à une économie mondiale moderne.

III. Énergie et transport

9. Dans les 20 prochaines années, comme ce fut le cas dans les 25 dernières, en dépit des deux chocs pétroliers enregistrés, c'est l'augmentation de la demande de services de transport qui devrait déterminer pour l'essentiel celle de la demande mondiale de pétrole. Au cours de la période 1970-1994, la demande d'énergie destinée au transport a crû à un taux annuel moyen d'environ 1,4 % dans les pays de l'OCDE et de 5,3 % dans les pays en développement. Le secteur des transports continue à dépendre presque entièrement des produits pétroliers. Les voitures particulières sont celles qui consomment le plus d'énergie et l'augmentation du nombre de kilomètres-voitures parcourus a plus que compensé l'ampleur de la réduction de la consommation moyenne de carburant par véhicule. L'augmentation rapide des voyages en autocar et en avion a également accru la demande d'énergie destinée au transport. L'utilisation accrue de camions de fort tonnage a dépassé de loin les modestes gains de rendement tandis que dans l'industrie des transports aériens, la très forte augmentation des kilomètres-passagers parcourus contrebalançait la notable réduction de la consommation de carburant par passager².

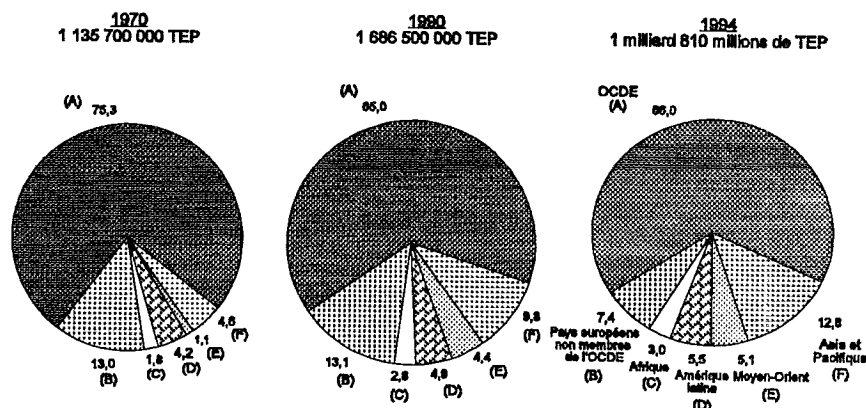
10. En 1970, la consommation mondiale totale d'essence, de gazole et de kérosène – les principaux types de carburant utilisés dans les transports – était de 1 135 700 000 tonnes d'équivalent pétrole (TEP), soit près de la moitié de la consommation pétrolière totale d'environ 2 271 100 000 TEP, soit encore 26 % de la demande totale d'énergie commerciale mondiale. En 1985, les carburants destinés au transport représentaient le plus gros de la demande pétrolière mondiale totale, la «part du baril» utilisée comme carburant étant passée à environ 55 %. En 1994, la demande mondiale

des principaux carburants destinés au transport a dépassé les 1 milliard 810 millions de TEP (plus de 36 millions de barils de pétrole par jour), soit un taux d'accroissement annuel moyen d'environ 1,9 % entre 1970 et 1994. La part des carburants destinés au transport dans la quantité de pétrole brut total utilisé (environ 3 041 100 000 TEP) s'est considérablement accrue, atteignant environ 60 %, tandis que leur part dans la demande d'énergie commerciale mondiale totale (7 880 600 000 TEP) est tombée à environ 23 % (les carburants dans les soutes des navires ne sont pas pris en considération dans le présent rapport en raison de la difficulté qu'il y a à obtenir des données fiables permettant d'attribuer correctement la consommation de carburant aux pays intéressés).

11. Il convient de noter que le secteur des transports est le seul grand secteur de l'économie où la consommation de pétrole brut a augmenté dans les pays développés; par contre, la demande de pétrole s'est accrue dans tous les secteurs de l'économie des pays en développement. Le secteur des transports des pays de l'OCDE est resté presque entièrement tributaire des produits pétroliers au cours des 25 dernières années, tandis que d'autres secteurs de leurs économies sont passés à d'autres types d'énergie. La consommation de pétrole du secteur des immeubles à usage résidentiel et commercial, ainsi que celle du secteur des services publics a baissé, bien que celle de l'industrie soit demeurée stable essentiellement à cause de l'importance que revêt le pétrole dans l'industrie pétrochimique où il est utilisé comme carburant d'alimentation³.

12. La part de la consommation mondiale totale des principaux carburants destinés au transport des pays de l'OCDE n'a cessé de baisser depuis 1970, passant d'environ 75,3 % à 65 % en 1990, avant de remonter légèrement à 66 % en 1994, ce qui s'explique dans une large mesure par l'augmentation considérable de celle de la région de l'Asie et du Pacifique, qui est passée de 4,8 % en 1970 à 12,8 % en 1994. Pendant la même période, c'est-à-dire de 1970 à 1994, la région du Moyen-Orient a porté la part de sa consommation de carburants destinés au transport de 1,1 à 5,1 %, tandis que la région de l'Amérique latine et des Caraïbes enregistrait un gain relativement modeste de 4,2 à 5,5 % (voir graphique II).

Graphique II
Part en pourcentage par région de la consommation totale des principaux types
de carburant utilisés dans les transports



Source : Département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, d'après divers numéros de l'*Annuaire des statistiques de l'énergie* (publication des Nations Unies).

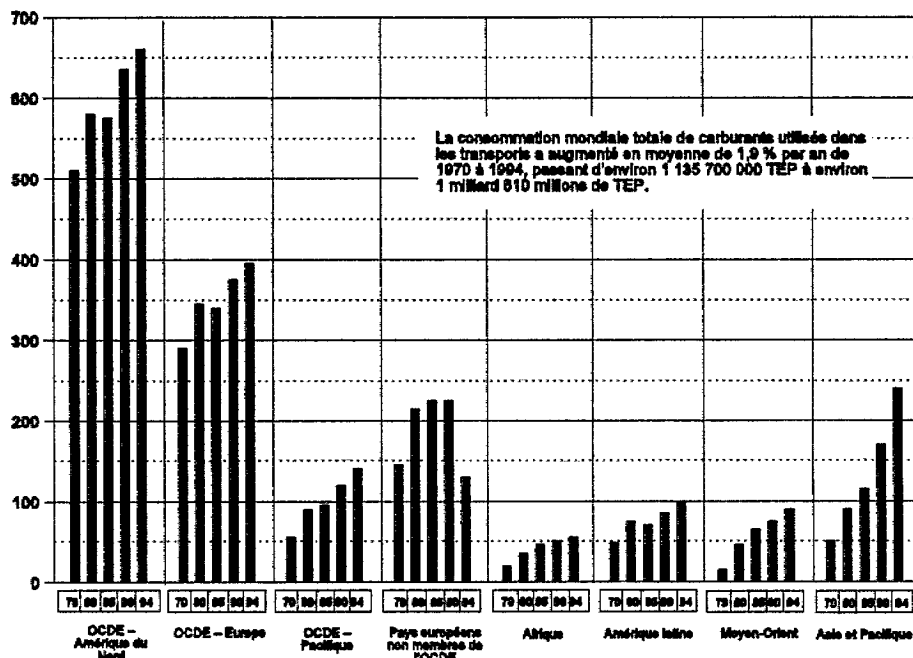
13. Au cours des 25 ans couverts par la période 1970-1994, la consommation de carburants destinés au transport des pays de l'OCDE est passée d'environ 855,8 millions de TEP en 1970 à plus de 1 197 500 000 TEP en 1994, soit un accroissement annuel moyen d'environ 1,4 %. De tous les carburants, le kérosène a enregistré le taux d'accroissement le plus élevé, soit plus de 2,3 %, tandis que l'essence enregistrait un gain de 1,5 % et le gazole un gain de moins de 1 % environ. Comme l'on devait s'y attendre, les taux d'accroissement de la consommation de carburants destinés au transport ont été plus élevés dans les pays en développement dont les niveaux de consommation étaient au départ très bas. Au cours de la période considérée, la région du Moyen-Orient a enregistré le taux d'accroissement annuel mondial le plus élevé de sa consommation, qui est passée de 12,5 millions de TEP à environ 90,3 millions de TEP, soit 8,4 %, suivie de la région de l'Asie et du Pacifique, avec une augmentation de 52,4 millions de TEP à 231,3 millions de TEP, soit environ 6,1 %. L'Afrique a enregistré un gain annuel moyen d'environ 4 % et l'Amérique latine d'environ 3 %. Le graphique III illustre clairement les nets écarts dans la consommation totale de carburants destinés au transport dans les différents groupes de pays et régions. Les écarts seraient encore plus considérables s'ils étaient indiqués par habitant.

14. L'immatriculation des voitures permettrait plus ou moins de déterminer l'évolution de la consommation d'é-

nergie dans le domaine des transports dans la mesure où l'essence et le gazole représentent le gros du carburant destiné au transport utilisé dans le monde où les différents modes de transport sont dominés par les transports routiers. Le nombre total de voitures particulières immatriculées à travers le monde comme l'indique plus loin le tableau 2 a considérablement augmenté, passant d'environ 194,1 millions en 1970 à environ 458,5 millions en 1994. Au cours de la même période, le nombre de véhicules utilitaires est passé de 49 millions à environ 133,6 millions. Le nombre de voitures particulières dans les pays de l'OCDE est passé de 176,3 millions en 1970 à environ 384,9 millions en 1994, tandis que dans le même temps, dans les pays européens non membres de l'OCDE et dans le reste du monde, le nombre de voitures particulières immatriculées passait d'environ 17,8 millions à environ 73,6 millions. En 1994, plus de 80 % du nombre total de véhicules automobiles, et presque 83 % du nombre total de voitures particulières, immatriculés dans le monde, l'étaient dans les pays de l'OCDE dont les habitants représentent moins de 20 % de la population mondiale. De toute évidence, les 25 dernières années ont été marquées par un boom prodigieux dans l'activité des transports à l'échelle mondiale comme l'atteste le nombre de kilomètres-passagers, de kilomètres-tonnes et de kilomètres-voitures parcourus. L'accroissement enregistré dans les services des transports provient presque entièrement du transport routier de passagers et de marchandises.

Graphique III
Consommation totale par région des principaux carburants utilisés
dans les transports de 1970 à 1994

(En millions de tonnes équivalent-pétrole)



Note : Les principaux types de carburant utilisés dans le domaine des transports sont l'essence, le kérosène et le gazole; les pays européens non membres de l'OCDE s'entendent des pays de l'Europe orientale et des républiques de l'ex-URSS.

Source : Département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, d'après divers numéros de l'*Annuaire des statistiques de l'énergie* (publication des Nations Unies).

15. Le taux de croissance du nombre total de voitures immatriculées dans le monde semble avoir évolué de façon linéaire au cours des années 70 et des années 80, mais a quelque peu ralenti au cours de la période 1990-1994 et pourrait continuer à être plus faible que par le passé; la récente crise financière qui s'est abattue sur de nombreux pays nouvellement industrialisés pourrait également contribuer à réduire la demande.

Tableau 2
Véhicules automobiles en usage dans le monde, 1970-1994

(En milliers d'unités)

Région	Part du total (en pourcentage)								Taux d'accroissement	
	Voitures particulières		Véhicules utilitaires		Voitures particulières		Véhicules utilitaires		A ^a	B ^b
	1970	1994	1970	1994	1970	1994	1970	1994		
Monde	194 140	458 489	49 040	146 501	100	100	100	100	3,5	4,5
OCDE	176 325	384 871	40 644	102 030	90,8	82,9	83,9	69,6	3,2	3,8
Pays européens non membres de l'OCDE	4 686	15 487	2 455	12 885	2,4	5,0	3,4	8,8	4,9	6,9
Afrique	3 290	9 411	1 297	4 887	1,7	2,6	2,1	3,3	4,3	5,4
Amérique latine	6 403	20 497	2 362	6 359	3,3	4,8	4,5	4,3	4,8	4,0
Moyen-Orient	963	9 065	364	4 523	0,5	0,7	2,0	3,1	9,4	10,6
Asie et Pacifique	2 474	19 158	1 918	15 818	1,3	3,9	4,2	10,8	8,5	8,8

Source : Département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, d'après plusieurs numéros de l'*Annuaire statistique* (publication des Nations Unies).

Note : Dans plusieurs pays, le nombre de véhicules en usage en 1994 ont fait l'objet d'une estimation.

^a Voitures particulières.

^b Véhicules utilitaires.

16. Le tableau 3 indique le nombre total de voitures particulières et de véhicules utilitaires en usage dans un certain nombre de pays répartis par niveaux de revenus et par habitant pour les voitures particulières. Il illustre nettement les énormes écarts entre le nombre de voitures particulières par habitant : une pour plus de 636 habitants en Chine, contre une pour à peine 2 personnes aux États-Unis d'Amérique et à peine 3 personnes dans les autres pays à revenu élevé de l'OCDE. Le nombre de véhicules automobiles dans les pays en développement ne représente toujours qu'une infime partie du nombre de ces véhicules dans les pays à revenu élevé mais le potentiel d'accroissement y est évidemment plus grand dans la mesure où les taux d'acquisition de voitures sont censés croître plus rapidement dans les pays dotés de parcs automobiles moins importants. Les pays de l'OCDE n'en continueront pas moins d'immatriculer globalement un plus grand nombre de voitures. Le taux d'accroissement annuel moyen de 2 % des voitures particulières enregistré aux États-Unis entre 1970 et 1994 correspondait à la mise en circulation de 58,3 millions de nouvelles voitures, soit plus de 10 fois plus que les 5,1 millions de voitures supplémentaires mises en circulation en République de Corée, où a été enregistré au cours de la même période le taux d'accroissement annuel remarquable de 19,4 %.

17. Le nombre de propriétaires de voitures s'étant considérablement accru dans les pays de l'OCDE, les voitures y transportent nettement moins de passagers, ce qui a contribué à réduire encore la charge des véhicules utilitaires. Dans les pays en développement par contre, en dépit de l'accroissement relativement rapide de l'utilisation de la voiture, les autocars, camions et jusqu'aux trains sont presque toujours surchargés de voyageurs et de marchandises, ce qui pose souvent des problèmes de sécurité, situation qui n'évoluera vraisemblablement pas de si tôt. Dans les pays en développement, les gens dépendent beaucoup de moyens de transport publics non motorisés comme les bicyclettes et les pousse-pousse (en particulier dans les villes asiatiques), lorsqu'ils ne se déplacent pas à pied.

Tableau 3
Véhicules automobiles en usage par rapport à la population de certains pays^a

(En milliers d'unités)

	Nombre total de voitures particulières		Nombre total de véhicules utilitaires		Taux annuel d'accroissement du nombre de		Nombre d'habitants par voiture
	1970	1994	1970	1994	Voitures particulières	Véhicules utilitaires	
					1970	1994	1994
Pays à faible revenu							
Chine	133,0	1 900,0	480,0	1 513,0	11,2 %	4,7 %	636,2
Égypte	130,7	1 225,0	35,4	445,0	9,4 %	10,7 %	47,2
Inde	627,2	3 330,0	413,9	2 396,7	6,9 %	7,3 %	275,8
Kenya	95,9	171,5	18,0	172,8	2,4 %	9,5 %	170,8
Nigéria	57,0	227,0	40,0	22,3	5,7 %	-2,3 %	477,8
Pakistan	154,5	955,1	63,6	359,5	7,6 %	7,2 %	132,6
Pays à revenu intermédiaire faible							
Algérie	142,8	725,0	81,6	480,0	6,7 %	7,3 %	37,7
Colombie	238,5	761,7	83,5	672,6	4,8 %	8,7 %	45,3
Indonésie	238,9	1 890,3	125,9	1 903,6	8,6 %	11,5 %	101,7
Iran (République islamique d')	278,2	1 557,0	73,5	588,9	7,1 %	8,7 %	38,4
Pologne	479,4	7 153,1	259,9	1 395,1	11,4 %	7,0 %	5,4
République tchèque	825,8	2 917,3	198,6	336,2	5,2 %	2,1 %	3,5
Thaïlande	184,7	1 798,8	162,8	2 384,1	9,5 %	11,3 %	33,0
Tunisie	66,4	325,0	37,2	222,0	6,6 %	7,4 %	26,9
Turquie	137,8	2 861,6	159,8	530,4	12,9 %	4,9 %	21,4
Pays à revenu intermédiaire élevé							
Argentine	1 439,6	4 427,0	754,8	1 239,0	4,6 %	2,0 %	7,7
Brésil	2 324,3	8 098,4	696,2	1 839,0	5,1 %	4,0 %	19,0
Hongrie	240,3	2 176,9	159,4	297,1	9,2 %	2,5 %	4,7
République de Corée	60,7	5 148,7	64,7	2 226,7	19,4 %	15,2 %	8,7
Malaisie	279,4	2 333,0	31,0	422,0	8,9 %	11,0 %	8,5
Mexique	1 233,8	8 451,1	588,9	3 839,4	8,0 %	7,8 %	11,0
Arabie saoudite	64,9	2 664,1	50,4	2 272,8	16,0 %	16,5 %	6,6
Afrique du Sud	1 544,5	3 488,6	428,2	1 784,9	3,3 %	5,9 %	11,6
Venezuela	565,8	1 579,0	198,2	460,0	4,2 %	3,4 %	13,4
Pays à revenu élevé							
Australie	3 898,5	8 209,0	971,5	2 151,0	3,0 %	3,2 %	2,2
Canada	6 602,2	13 639,4	1 481,2	3 764,9	2,9 %	3,8 %	2,1
France	12 900,0	24 900,0	2 904,0	4 027,0	2,7 %	1,3 %	2,3
Allemagne	14 673,4	32 652,0	1 398,6	2 826,0	3,3 %	2,9 %	2,5
Israël	151,2	1 057,5	89,2	251,7	8,1 %	4,2 %	5,1

	Nombre total de voitures particulières		Nombre total de véhicules utilitaires		Taux annuel d'accroissement du nombre de		Nombre d'habitants par voiture 1994
	1970	1994	1970	1994	Voitures particulières	Véhicules utilitaires	
					1970	1994	
Italie	10 181,2	29 600,0	1 306,7	2 745,5	4,4 %	3,0 %	1,9
Japon	8 832,1	42 679,0	8 740,5	20 916,0	6,5 %	3,6 %	2,9
Pays-Bas	2 258,0	5 883,9	293,0	687,3	3,9 %	3,5 %	2,6
Singapour	147,1	340,6	37,5	136,8	3,4 %	5,3 %	8,6
Espagne	2 377,7	13 733,8	741,0	2 952,8	7,3 %	5,7 %	2,9
Royaume-Uni	11 665,8	21 740,0	1 709,9	2 994,0	2,5 %	2,3 %	2,7
États-Unis	88 840,5	147 171,0	17 978,4	48 298,0	2,0 %	4,0 %	1,8

Source : Département des affaires économiques et sociales du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, d'après plusieurs numéros de l'*Annuaire statistique* (publication des Nations Unies).

^a Les pays sont classés d'après le *Rapport de la Banque mondiale sur le développement dans le monde, 1994* (Oxford University Press).

18. Comme on l'a noté, le secteur des transports est presque entièrement tributaire des produits pétroliers et de toute évidence, la demande de pétrole continuera donc d'augmenter considérablement. Bien que le rendement énergétique ait été sensiblement amélioré au cours des 20 dernières années, il semble qu'il y ait arrêté ou stagnation des gains réalisés à cet égard pour les modes de transport à forte intensité d'énergie. Les gains de rendement dans l'utilisation de l'énergie destinée au transport que la flambée des prix du pétrole avait suscités dans les années 70 avaient jusqu'à récemment limité la croissance de la demande d'énergie destinée au transport. Mais après l'effondrement des prix du pétrole en 1986, les gains de rendement semblent s'être réduits au point de devenir presque imperceptibles. Cette situation pourrait avoir d'importantes répercussions sur les marchés mondiaux de l'énergie étant donné que la quasi-totalité des projections concernant la demande d'énergie destinée au transport, en particulier dans les pays de l'OCDE, sont basées sur l'hypothèse que le rendement irait s'améliorant.

19. De surcroît, l'offre de pétrole n'entravera pas la croissance continue de la demande mondiale d'énergie destinée au transport. Actuellement, le rapport entre les réserves pétrolières mondiales et la production apparaît suffisant pour faire face à la demande pétrolière mondiale pendant les 30 prochaines années et au-delà, à supposer même qu'il y ait une forte poussée de cette demande. Les tendances actuelles indiquent que la demande mondiale de ce type d'énergie va continuer à augmenter dans les pays en développement, sous-tendue par la forte corrélation entre croissance économique et demande de services de transport,

comme le démontrent les données historiques, tandis que cette interaction pourrait s'atténuer dans les pays à revenu élevé du fait de la «dématisation» croissante de la production, c'est-à-dire la réduction du nombre de tonnes produites par dollar de PIB. La demande de services de fret des pays de l'OCDE s'oriente vers un système de transport à forte intensité d'énergie mais plus rapide et plus souple. Ce passage à l'acheminement des marchandises par voie routière et le recours de plus en plus fréquent au fret aérien découlent essentiellement de deux tendances étroitement liées au niveau de la production, à savoir la volonté de produire des marchandises de haute valeur plus légères et l'utilisation de plus en plus fréquente de techniques de production «ponctuelles» qui nécessitent des livraisons moins importantes et plus souvent renouvelées pour lesquelles la voie routière et la voie aérienne conviennent mieux⁴.

20. Les voyages par avion et le transport de marchandises au niveau international se sont beaucoup développés au cours des 25 dernières années du fait de la croissance économique, de la baisse des tarifs aériens et des progrès techniques. Les transports aériens ont beaucoup contribué à façonner l'économie mondiale. La baisse des tarifs aériens à un moment où les salaires réels augmentent et le gain de temps que les voyages par avion permettent de réaliser sont les deux principaux éléments contribuant à la forte augmentation du taux d'accroissement du volume des passagers. Depuis 1960, celui-ci s'est accru à un rythme annuel moyen d'environ 9 % et le fret aérien de 11 %⁵. La demande mondiale de kérosène est passée de 108 millions de TEP à plus de 180 millions de TEP en 1994. Les voyages aériens dans le monde sont dominés par les pays de l'OCDE où la

consommation de kérosène est passée d'environ 72,4 millions de TEP à 128,1 millions de TEP au cours de la même période, tandis que dans les pays en développement il est passé de 12,3 millions de TEP à 37,1 millions de TEP. L'essor des transports aériens a été plus rapide que celui des transports routiers, les recettes accumulées par kilomètre parcouru par passager aérien ayant augmenté à un taux annuel moyen de 6,8 % au cours de la période 1970-1992⁶.

21. La position relative du secteur ferroviaire dans le système des transports n'a pratiquement pas varié au cours des 20 dernières années. Bien que les chemins de fer jouent un rôle crucial dans le transport de marchandises des pays de l'OCDE, le volume global des marchandises acheminées par la voie ferroviaire dans ces pays a baissé, quoiqu'il y ait des écarts considérables entre les divers pays. Le volume des passagers et des marchandises transportés a augmenté dans les pays en développement, surtout dans les plus grands d'entre eux. Le transport de passagers par voie ferroviaire joue un rôle important en ce sens qu'il est facteur de mobilité dans plusieurs pays en développement. Les chemins de fer de la Chine et de l'Inde transportent plus de passagers que les chemins de fer de tous les pays de l'OCDE et des États-Unis réunis. En Inde, le nombre de kilomètres-passagers par habitant parcourus est deux fois plus élevé qu'aux États-Unis. Le type de traction ferroviaire utilisé varie, l'Europe et le Japon dépendant beaucoup plus de la traction électrique et la traction au gazole étant plus répandue en Amérique du Nord, en Australie et dans les pays en développement. Il n'y a guère de différence en ce qui concerne l'utilisation primaire de l'énergie entre les moyens de locomotion mus par l'électricité et ceux mus par le gazole, mais le taux d'accroissement relatif de la demande d'énergie du secteur ferroviaire apparaît nettement inférieur à celui du secteur des transports routiers.

IV. Carburants de remplacement

22. La dépendance quasi totale du secteur des transports à l'égard du pétrole et le fait que ce secteur représente déjà 60 % de la consommation finale de pétrole dans le monde, ajoutés aux préoccupations croissantes suscitées par les incidences que les émissions liées à la combustion du pétrole ont sur l'environnement, ont entraîné une nette intensification de la recherche-développement dans le domaine des technologies et carburants de remplacement. Toute une gamme de carburants de substitution, allant des biocarburants agricoles et des alcools à l'électricité et aux carburants gazeux, est actuellement à l'étude, et nombre de gouvernements ont pris des mesures d'ordre législatif et fiscal pour

favoriser la mise au point et l'utilisation de moteurs et de carburants de remplacement.

23. Les carburants de substitution qui ont suscité le plus grand intérêt et qui sont actuellement testés et mis au point sont le gaz naturel, l'électricité, le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le méthanol, l'éthanol, l'ester de méthyle de l'huile de colza et l'hydrogène. Pour qu'ils puissent être utilisés à grande échelle, ces carburants doivent répondre à des critères importants (coût, disponibilité, sécurité, émissions, etc.). À l'évidence, presque tous les véhicules alimentés aux carburants de substitution ont des cycles de fonctionnement courts, soit moins de 100 kilomètres. À l'heure actuelle, seuls les véhicules fonctionnant à l'éthanol, au méthanol ou au GPL ont des cycles de fonctionnement longs, soit plus de 300 kilomètres [environ 300 kilomètres par jour pour le gaz naturel comprimé (GNC)]⁷.

24. Le nombre de véhicules électriques vendus sur le marché dépendra de la vitesse à laquelle les batteries pourront être rechargées, des densités d'énergie, des densités de puissance et d'autres facteurs liés au marché, notamment le coût, la préférence des consommateurs et la réaction des fabricants aux règlements plus stricts relatifs à la qualité de l'air. Les inconvénients sur le plan écologique des types de véhicules électriques actuellement en service sont les émissions des centrales qui produisent l'électricité nécessaire au rechargement des batteries et les grandes quantités de plomb rejetées dans l'environnement malgré les efforts qui sont déployés pour recycler les batteries plomb-acide. Une gamme de batteries est actuellement mise au point, mais il n'existe pas de consensus quant au meilleur type de batterie à utiliser dans l'avenir. Environ 65 % de l'électricité produite provient des combustibles fossiles, du charbon, du pétrole et du gaz naturel. Il y a donc des chances que les émissions des centrales électriques dues au rechargement des batteries de véhicules électriques, soient plus importantes que celles des véhicules à faible émission fonctionnant à l'essence ou au gaz naturel.

25. On peut considérablement améliorer l'autonomie et le rendement d'un véhicule électrique en le transformant en un véhicule électrique hybride, autrement dit en reliant, en série ou en parallèle, une turbine ou un moteur à combustion à un groupe motopropulseur électrique. Un certain nombre de grands fabricants vendent sur le marché quelques modèles de véhicules électriques hybrides, combinant propulsion électrique et moteur à combustion interne. Ces véhicules ne présentent pas bon nombre d'inconvénients propres aux véhicules électriques, qu'il s'agisse de l'autonomie, du poids (la batterie est plus légère), des frais d'utilisation par kilomètre ou du rendement général sur route. Leurs points faibles sont la complexité du groupe motopropulseur et les

émissions produites par le groupe auxiliaire d'énergie à combustion interne.

26. Les insuffisances des véhicules électriques, qu'il s'agisse de leur autonomie ou de la durabilité des batteries, peuvent être éliminées au moyen des piles à combustible, qui tiennent parfaitement lieu de groupes auxiliaires d'énergie grâce à leur rendement, beaucoup plus grand que celui des turbines et moteurs à combustion interne, et à leurs très faibles émissions. L'hydrogène est le combustible idéal pour ces piles; le méthanol, le gaz naturel et l'essence automobile peuvent également être utilisés après avoir été suffisamment traités. Le rendement des piles à combustible a été sensiblement amélioré. La densité de puissance a été multipliée par six au cours des cinq dernières années grâce à des catalyseurs platine placés des deux côtés de la membrane de la pile et à d'autres percées technologiques récentes relatives aux piles à combustible⁸. Deux constructeurs automobiles de premier plan ont mis au point des voitures alimentées par ce type de pile. Ces voitures, qui transportent l'hydrogène nécessaire sous forme de méthanol, peuvent parcourir 400 kilomètres entre deux ravitaillements en méthanol liquide. Un mécanisme novateur permet d'évacuer les eaux usées de la pile. La plupart des grands constructeurs automobiles fabriquent des voitures dotées de piles à combustible. Certaines possèdent des réservoirs à hydrogène, d'autres utilisent du méthanol liquide, voire de l'essence. La production d'hydrogène coûte cher et le stockage de celui-ci pose des problèmes. Le reformage du méthanol est relativement simple, mais les reformeurs sont encore trop grands pour des voitures et le système de distribution n'est pas au point. Le recours au reformage de l'essence pour produire de l'hydrogène présente un avantage certain car l'essence est disponible en grandes quantités dans le monde entier. À court terme, les piles à combustible pourraient ainsi être utilisées à grande échelle comme source d'énergie. Les voitures qui en sont dotées peuvent facilement dépasser en rendement la génération actuelle de véhicules électriques alimentés par batterie. Le principal problème est le coût de la pile proprement dite. Les spécialistes du secteur automobile estiment que ces voitures ne peuvent devenir commercialisables que si les piles coûtent 100 dollars les 150 kilowatts. Par comparaison, les moteurs à essence classiques coûtent environ 35 dollars le cheval-vapeur, soit environ 50 dollars le kilowatt⁹.

27. Les véhicules électriques peuvent gagner des parts de marché dans les zones où les émissions sont strictement réglementées, notamment les zones urbaines embouteillées, ainsi que dans les pays à revenu élevé en tant que deuxième voiture du ménage. Quoique plus complexe, le véhicule électrique hybride peut devenir un intéressant véhicule à carburant de remplacement puisqu'il ne présente pas bon

nombre d'inconvénients propres aux voitures électriques alimentées exclusivement par batterie. Les grands constructeurs automobiles, les fabricants de piles à combustible, les laboratoires nationaux et les universités redoublent d'efforts en matière de recherche, comme en témoignent les récents progrès technologiques relatifs aux piles à combustible. Ils forment des partenariats et établissent ouvertement des liens entre la recherche dans les trois secteurs clefs des véhicules à carburant de remplacement (source d'énergie, centrale électrique et groupe motopropulseur), ce qui aura probablement pour effet d'accélérer la mise au point d'un système commercialement viable. Un groupe composé de plusieurs constructeurs automobiles de premier plan s'est fixé comme objectif de concevoir, d'ici à 2004, un système commercialisable pour véhicule automobile comprenant un groupe motopropulseur et une pile à combustible¹⁰. La production en grande série fera baisser les prix, mais nombre de problèmes doivent encore être réglés : les conditions d'utilisation des piles à combustible dans les transports sont très différentes et beaucoup plus contraignantes que dans les applications stationnaires, et le choix de la source d'énergie (hydrogène, méthanol, essence, etc.) continuera de poser des problèmes. La multiplication des stations de ravitaillement en carburants de remplacement et l'amélioration de leur aménagement pour plus de commodité seront des éléments qui influenceront d'une manière décisive sur la généralisation de l'usage de carburants de substitution

28. À court terme, le gaz naturel semble être le carburant qui a le plus de chance de remplacer l'essence automobile et le diesel, notamment dans les parcs de véhicules, car il s'agit d'un combustible à haut rendement dont les réserves sont abondantes, qui brûle sans polluer et que les utilisateurs finaux peuvent se procurer facilement sur le marché, en particulier dans les pays gros utilisateurs de transport. Il peut être stocké à bord d'un véhicule dans un réservoir sous pression, soit à l'état gazeux [gaz naturel comprimé (GNC)], soit à l'état liquide [gaz naturel liquéfié (GNL)], auquel cas le réservoir de carburant doit être isotherme. À l'heure actuelle, l'accent est mis sur le GNC, mais le GNL bénéficie d'une attention croissante car il est plus facile à stocker, bien que l'efficacité des techniques prévues pour transférer le GNL de la station de ravitaillement au véhicule et pour le vaporiser avant de l'injecter dans le moteur soit loin d'avoir été démontrée.

V. Transport et environnement

29. Avec le développement spectaculaire des voyages et du trafic commercial à l'échelle mondiale, il est devenu de

plus en plus important de surveiller la relation qui existe entre les transports et l'environnement. Le secteur des transports représente une part non négligeable des émissions de gaz polluants, notamment les gaz à effet de serre, et de matières particulaires. Les préoccupations que suscitent la qualité de l'air et le réchauffement de la planète provoqué par les gaz susmentionnés ont conduit à l'adoption de mesures visant à atténuer certains effets préjudiciables que les phénomènes susmentionnés ont sur l'environnement. Dans plusieurs pays membres de l'OCDE, des progrès mesurables ont été accomplis à cet égard. Les stratégies axées sur la technologie qui ont été appliquées visaient principalement à améliorer le rendement des moteurs à combustion interne et à limiter les émissions des véhicules à moteur en prescrivant, par exemple, l'utilisation d'essence sans plomb et sans soufre, d'additifs pour rendre les carburants moins polluants, et de convertisseurs catalytiques pour réduire les polluants gazeux que contiennent les gaz d'échappement (monoxyde de carbone, composés organiques volatiles et oxydes d'azote). Il reste que certaines émissions imputables aux transports ont augmenté, en particulier les émissions de dioxyde de carbone, principal gaz à effet de serre, ce qui est inévitable puisqu'il s'agit d'un sous-produit de la combustion des combustibles fossiles. Bien que cette stratégie ait porté ses fruits dans certains pays, l'efficacité des techniques visant à atténuer les effets préjudiciables que les émissions de polluants gazeux ont sur l'environnement pourrait diminuer en raison de la demande croissante de services de transport. Qui plus est, le développement des transports gagne de vitesse les progrès réalisés en matière de rendement, d'où une hausse de la consommation d'énergie et, partant, une augmentation des émissions de dioxyde de carbone, problème que le ralentissement observé récemment dans l'amélioration du rendement des carburants ne manquera pas d'exacerber.

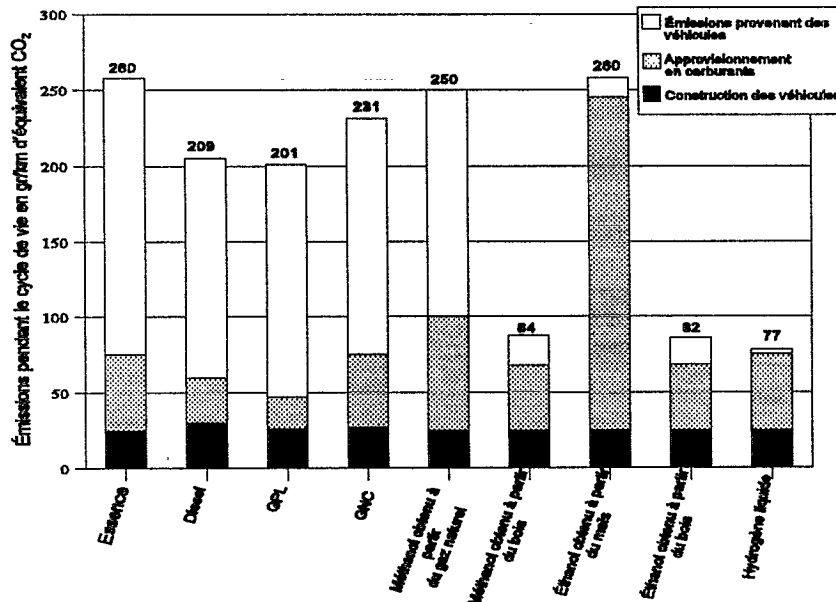
30. Les émissions de divers carburants pendant leur cycle de vie sont indiquées sur le graphique IV. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il est extrêmement difficile de mesurer les émissions d'un carburant durant tout un cycle et qu'on ne peut éviter d'utiliser des données datées et de formuler des hypothèses. L'emploi de carburants liquides synthétiques obtenus à partir de combustibles fossiles, notamment certains carburants issus de la biomasse, entraîne au mieux une légère diminution des émissions de gaz à effet de serre. En utilisant des moteurs à rendement optimal alimentés au GPL et au GNC, on peut réduire ces émissions de 10 à 25 %. Le recours au méthanol et à l'éthanol dérivés du bois ou d'autres éléments de la biomasse à faible apport d'intrants permettrait de les réduire de 60 à 80 %, mais cette technique n'a pas été éprouvée à grande échelle. Le remplacement

généralisé des combustibles fossiles actuellement utilisés dans le système des transports par des carburants obtenus à partir de sources d'énergie entièrement renouvelables, notamment l'hydrogène issu de l'électrolyse de l'eau et l'électricité provenant de sources d'énergie renouvelables destinée à alimenter des véhicules électriques, pourrait se traduire par une baisse de plus de 80 % des émissions de gaz à effet de serre rejetés par les carburants.

31. Il est évident que l'avantage que procurent les carburants de substitution quant aux émissions de gaz à effet de serre est considérablement limité par l'énergie utilisée en amont pour le traitement de ces carburants. Même les véhicules alimentés par batterie présentent peu d'intérêt, voire aucun, si l'électricité nécessaire est issue de combustibles fossiles. C'est pourquoi, à moins d'un recours généralisé à l'éthanol cellulosique obtenu à partir de plantes ligneuses ou à des sources d'énergie ne dégageant pas de dioxyde de carbone, telles que l'énergie solaire, éolienne, nucléaire et hydroélectrique, même la commercialisation à grande échelle des carburants de remplacement ne pourrait avoir que peu d'effet sur les émissions de gaz à effet de serre produites par le secteur des transports.

32. Compte tenu de la progression rapide de la part des carburants dans la demande mondiale de pétrole mentionnée à la section III, le remplacement partiel des carburants dérivés du pétrole par des carburants de substitution ralentirait l'accroissement de la demande mondiale de pétrole, par conséquent, endiguerait l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone dans le monde. Eu égard aux vastes moyens dont ils disposent (moyens technologiques, ressources humaines, capacités de production et ressources financières), les pays industrialisés peuvent facilement passer aux carburants de remplacement dans un proche avenir et influencer ainsi sur la structure de la demande de carburants dans les pays en développement.

Graphique IV
Émissions de gaz à effet de serre de divers carburants pendant leur cycle de vie^a



Source : Organisation de coopération et de développement économiques, *Cars and Climate Change* (1993).

^a D'après le système de construction de véhicules et d'approvisionnement en énergie en Amérique du Nord.

VI. Conclusions et mesures proposées

33. La demande de pétrole dans le secteur des transports continuera d'augmenter considérablement pendant les 20 années à venir puisque ce secteur restera tributaire des carburants dérivés du pétrole durant cette période. Étant donné que les approvisionnements en pétrole brut suffiront vraisemblablement à satisfaire pleinement la demande mondiale de pétrole jusqu'en 2030, y compris en cas de hausse subite de la demande de carburant, on ne peut raisonnablement pas s'attendre, à court terme, que l'évolution des prix du pétrole favorise l'utilisation des carburants de substitution à grande échelle. Par ailleurs, le stock existant d'équipement de transport limitera les possibilités en matière de commutation de combustibles. Il faudra donc recourir aux mécanismes du marché et à d'autres mesures, telles que les incitations fiscales et la réglementation, pour accélérer le passage aux carburants de substitution.

34. À l'évidence, les gouvernements peuvent contribuer de manière décisive à l'atténuation des effets que le secteur des transports a sur l'environnement, en élaborant et en appliquant une politique de l'énergie relative aux transports qui viserait à améliorer le rendement des moyens de transport et à promouvoir l'emploi de carburants de remplacement. S'agissant de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, une telle politique devrait avoir pour principal objectif d'accroître le rendement et la souplesse d'utilisation des carburants de la manière suivante : en promouvant des améliorations de rendement à court terme, en créant des marchés pour les carburants de substitution, en mettant au point des technologies pour les véhicules alimentés aux carburants de remplacement et en réduisant la demande de voyages. Le recours aux carburants de substitution à grande échelle devra s'accompagner de mesures spéciales. Par rapport à l'essence et au gazole, ces carburants nécessitent une infrastructure de ravitaillement différente, des mécanismes pour le stockage du carburant à bord et de nouvelles

technologies relatives aux moteurs et à la limitation des émissions.

35. Des considérations budgétaires et des craintes liées à la sûreté des approvisionnements, auxquelles sont récemment venues s'ajouter des préoccupations écologiques, ont amené la plupart des pays membres de l'OCDE à recourir aux mécanismes du marché pour restreindre l'utilisation des carburants et des véhicules à moteur. Les gouvernements ont également pris des mesures pour réduire sensiblement les émissions de gaz (autres que le dioxyde de carbone) et de matières particulaires résultant de la combustion du pétrole dans le secteur des transports. Il reste que de nombreuses autres dispositions et quelques comportements sociaux profondément enracinés, tels que la préférence pour les voitures et les moyens de transport privés, se sont traduits par une augmentation des distances parcourues en voiture et des quantités de carburant consommées. Bien que des mesures visant à lutter contre les émissions, comparables à celles qui ont été mises en place par les pays membres de l'OCDE, aient été prises dans certaines grandes villes de pays en développement, les procédures d'application effective sont manifestement peu adéquates. L'accroissement de la population, l'accélération de l'urbanisation et l'augmentation du revenu par habitant dans ces pays provoqueront une hausse de la demande de transports et en modifiant la nature, d'où la nécessité d'établir des normes strictes visant à réduire les émissions.

36. Les mécanismes du marché et les mesures prises par les pouvoirs publics doivent être appliqués uniformément à tous les types de moteurs à combustion interne, qu'ils soient fixes ou mobiles, de faible ou de forte puissance, ou alimentés à l'essence, au gazole ou à d'autres carburants dérivés du pétrole. Le rendement d'une voiture neuve de moyenne puissance, par exemple, a été amélioré à un point tel qu'il est aujourd'hui tout aussi polluant d'utiliser une tondeuse à gazon chez soi pendant une heure que de parcourir 2 000 kilomètres dans une voiture neuve. Par ailleurs, les autobus et les camions diesel sont soumis à des normes moins strictes pour ce qui est des émissions, en particulier les émissions de particules, dont on sait qu'elles présentent de gros risques pour la santé. Enfin, on observe un ralentissement des progrès réalisés en matière de rendement des modes de transport qui consomment le plus d'énergie, d'où la nécessité d'inverser cette tendance.

37. On peut sensiblement réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports en améliorant le rendement des groupes motopropulseurs, la forme de tous les véhicules et les matériaux qui entrent dans leur construction et en optant pour des combustibles de remplacement à haut rendement. Les changements apportés par les pays

membres de l'OCDE dans ces secteurs clefs peuvent manifestement influencer sur la structure de la demande de services de transport dans le reste du monde.

38. Bien des politiques peuvent être appliquées pour atténuer les effets écologiques et sociaux préjudiciables du secteur des transports. Des mesures pourraient notamment être prises pour : a) réduire la demande; b) favoriser l'évolution des modes de transport; c) accroître le rendement énergétique des différentes modes de transport; et d) promouvoir l'utilisation de carburants de remplacement. Dans le rapport qu'il a établi en vue de l'examen en 1997 de la mise en oeuvre des engagements pris à Rio, le Conseil consultatif de haut niveau sur le développement durable a conclu que le meilleur moyen d'améliorer sensiblement les transports serait, pour les pouvoirs publics, de combiner des mesures de ce type. Il a donné des exemples de plusieurs mesures qui, ensemble, pourraient constituer un programme d'action. Il a recommandé aux gouvernements de s'attacher sérieusement au lancement d'un programme d'action de ce genre au niveau international. Il a également recommandé que ce programme soit appliqué dans plusieurs villes des diverses régions du monde en développement, dans le cadre d'une collaboration internationale entre les municipalités de ces villes, les urbanistes et les sources bilatérales et multilatérales de financement, en vue d'établir des schémas d'application correspondants d'ici à 2000 (voir E/CN.17/1997/Add.1).

Notes

- ¹ États-Unis : Ministère des transports, Rapport annuel de 1997 sur les statistiques des transports (Washington, 1997), tableau 2.1a.
- ² Les statistiques sur la consommation des principaux types de carburant utilisés dans les moyens de transports mentionnés dans le présent rapport sont tirées de divers numéros de l'*Annuaire des statistiques de l'énergie* (publication des Nations Unies) et de divers numéros des *Statistiques et bilans énergétiques des pays non membres de l'OCDE* et des *Bilans énergétiques des pays de l'OCDE* (Paris, OCDE).
- ³ Voir *Bilans énergétiques des pays de l'OCDE* (Paris, OCDE, numéros de 1991-1992 et 1994).
- ⁴ Voir *United States Department of Transportation*, op. cit., chap. 4, p. 85.
- ⁵ Voir «Le développement durable : stratégies de l'OCDE», contribution de l'OCDE à la dix-septième session extraordinaire de l'Assemblée générale (Paris, OCDE, 1997).
- ⁶ Voir *World Energy Council, Global Transport Sector Energy Demand Towards 2020* (Londres, 1995).

⁷ Pour une analyse et un examen approfondis des technologies et carburants de remplacement, voir United States Department of Energy, Energy Information Agency, «Alternatives to traditional transportation fuels : an overview» (Washington, 1994).

⁸ Voir «Hydrogen, fuel for the twenty-first century?», *Energy Economist*, novembre 1996; et *New York Times*, 8 octobre 1997, p. D1.

⁹ *New York Times*, 21 octobre 1997, p. D1.

¹⁰ *Ibid.*, 16 décembre 1997, p. D1.
