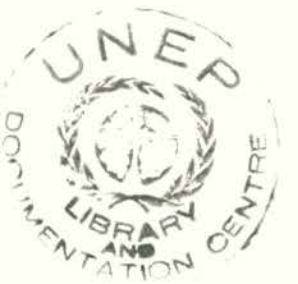
PNUE—SERIE DE PRINCIPES DIRECTEURS INDUSTRIE ET ENVIRONNEMENT

PRINCIPES DIRECTEURS ENVIRONNEMENTAUX CONCERNANT LES VEHICULES A MOTEURS DIESEL



PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT

PNUE - Série de principes directeurs industrie et environnement

Principes directeurs environnementaux concernant les véhicules à moteurs Diesel



Département industrie et environnement
PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT

Copyright © PNUE

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne pourra être reproduite, mise en mémoire ou transmise sous quelque forme que ce soit y compris moyens électroniques, électrostatiques, mécaniques, par photocopie, enregistrement, bandes magnétiques et autres procédés, sans autorisation écrite des dépositaires du copyright.

Première impression 1986

ISBN 92 807 2004 X

La formulation et la présentation du contenu de cette publication ne constituent pas l'expression d'une quelconque opinion du PNUE quant au statut juridique de pays, territoires, villes ou régions quelconques, y compris les statuts juridiques des autorités qui les dirigent ou leurs délimitations frontalières. En outre, la mention de marques ou de procédés commerciaux n'implique aucun assentiment particulier de la part du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Publié en vertu du Projet URSS/PNUE
"PROGRAMME DES PUBLICATIONS ET DES SUPPORTS D'INFORMATION"
Moscou. 1986

Principes directeurs pour l'évaluation de l'impact sur l'environnement des industries et les critères environnementaux de leur implantation (français et anglais)

Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation (français et anglais)

Principes directeurs sur la gestion des risques et la prévention des accidents dans l'industrie chimique (français et anglais)

Directives OMI/PNUE sur l'application de dispersants contre les déversements d'hydrocarbures et considérations liées à l'environnement (français, anglais et espagnol)

Guidelines on Management of Agricultural and Agro-Industrial Residue Utilization (anglais seulement)

Guidelines for Post Harvest Food Loss Reduction Activities (anglais seulement)

Environmental Guidelines for the Direct Reduction Route to Steel Making (anglais seulement)

Guidelines for the Environmental Management of Alumina Production (anglais seulement)

Guidelines for Environmental Management of Aluminium Smelters (anglais seulement)

Principes directeurs environnementaux concernant les véhicules à moteur Diesel (français et anglais)

Aspects environnementaux des transports urbains - Principes de base adaptés à l'organisation des transports en zones urbaines dans le respect de l'environnement (français et anglais)

AVANT-PROPOS

L'élaboration de principes directeurs environnementaux concernant les activités de l'industrie, incluant l'utilisation de ses produits et la mise en oeuvre de ses services, est l'un des objectifs spécifiques de notre plan d'action à moyen terme (1984-1989) confirmé par le Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

A cet égard, des "Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation" ont déjà été élaborés en s'appuyant sur une procédure de consultation permanente centrée sur le Département industrie et environnement du PNUE. Ainsi a pu être mise à profit l'expérience des gouvernements, de l'industrie et des organismes internationaux. L'apport de leurs informations et leurs avis concernent l'élaboration même du texte de ces principes directeurs, et cela à tous les stades de sa rédaction. En vue de stimuler l'intérêt porté aux problèmes posés en matière d'environnement par l'utilisation des véhicules à moteur - tout particulièrement en zone urbaine - et, par voie de conséquence, de promouvoir une claire approche de ces problèmes et une saine gestion de leur traitement, deux groupes de travail ont été conjointement organisés par le PNUE et l'OMS, l'un pour les pays compris dans la région de l'ESCAP, et l'autre pour un certain nombre de pays d'Afrique, de l'Asie du Sud-Est, de l'Europe du Sud et de l'Europe de l'Est. Les "Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation" ont servi de document de référence pour l'action conduite par ces deux groupes de travail. A cet égard, et au cours des discussions qui ont eu lieu, le problème posé par l'utilisation croissante de véhicules équipés de moteurs Diesel est apparu de toute évidence comme l'une des préoccupations majeures de la plupart des pays en développement au point de nécessiter une étude plus approfondie et l'élaboration de principes directeurs complémentaires centrés sur ce problème particulier. Ces derniers ont donc été établis par le secrétariat, en tant que recommandations couvrant le domaine du véhicule Diesel et son utilisation quant aux problèmes d'environnement qui leur sont liés et en tant qu'assises des mesures à prendre en adaptant celles-ci aux diverses situations et conditions locales. En conséquence, ce document doit être lu et exploité parallèlement aux "Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation", dont il est le complément.

REMERCIEMENTS

Les "Principes directeurs environnementaux concernant les véhicules à moteur Diesel" ont été préparés par MM. Maurice Clavel (France) et Michael P. Walsh (Etats-Unis d'Amérique), consultants du PNUE. Le document a par ailleurs été communiqué au stade de projet pour commentaires et éventuels amendements à soixante et un experts relevant :

- du Comité consultatif du PNUE pour l'automobile et l'environnement ;

- du Groupe de travail PNUE/OMS concernant la planification du contrôle des émissions des véhicules à moteur (Serdang, Selangor, Malaisie, 10 - 14 novembre 1980) ;

- du groupe de travail PNUE/OMS sur la pollution atmosphérique due aux véhicules à moteur (Moscou, URSS, 5 - 9 Octobre 1981).

Nous adressons à ces experts nos remerciements pour l'efficacité de leur coopération.

Nous exprimons tout particulièrement notre gratitude au Bureau permanent international des constructeurs d'automobiles (BPICA) pour ses commentaires et ses avis tout au long de la préparation de ces principes directeurs dont la responsabilité fut confiée successivement à M. John Haines et à M. Takao Hamada, administrateurs du programme du PNUE.

TABLE DES MATIERES

		Pages
	AVANT-PROPOS	(i)
	REMERCIEMENTS	(iii)
	TABLE DES MATIERES	(v)
	LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	(vii)
I	INTRODUCTION	1
II	LES VEHICULES DIESEL DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ET EVOLUTION PROBABLE	4
III	PRINCIPES DE BASE GOUVERNANT LE PHENOMENE DE COMBUSTION DES MOTEURS DIESEL	11
IV	CARACTERISTIQUES ENERGETIQUES DU MOTEUR DIESEL - UTILISATION DES CARBURANTS	12
V	IMPACT DE L'UTILISATION DES VEHICULES DIESEL SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE	18
(i)	Polluants spécifiques	18
	(a) Monoxyde de carbone (CO)	18
	(b) Hydrocarbures (HC) (non cancérigènes ou mutagènes)	19
	(c) Oxydes d'azote (NOx)	20
(ii)	Polluants de composition complexe	20
	(a) Particules	20
	(b) Cancérigènes potentiels	21
	(c) Mutagènes	22
(iii)	Réduction de visibilité et odeurs	22
(iv)	Bruit	23
(v)	Polluants provenant des carburants Diesel (composition et additifs)	23
VI	EFFICACITE DES TECHNOLOGIES SUSCEPTIBLES DE MAITRISER TOUT OU PARTIE DES PROBLEMES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SANTE :	24
	Réduction des NO_x	24
	Réduction des émissions de particules	25
	Réduction des fumées noires et des odeurs	27

	Réduction des oxydes de soufre	30
	Réduction du bruit	30
VII	AVANTAGES DU DIESEL AU PLAN DE LA SECURITE ROUTIERE	31
VIII	ASPECTS DE LA REGLEMENTATION	32
	Homologation des nouveaux véhicules (approbation du type de véhicule)	32
	Véhicules en service	33
IX	PERSPECTIVES D'EVOLUTION TECHNIQUE DU MOTEUR DIESEL	35
	Amélioration de la combustion du mélange air/carburant	36
	Dispositifs de suralimentation	37
	Impact sur l'environnement de l'évolution technologique du diesel	38
X	CARBURANTS DE REMPLACEMENT - EVOLUTION	38
	Utilisation des carburants de remplacement	39
	Additifs aux carburants Diesel	40
XI	RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA MISE EN OEUVRE DES VEHICULES DIESEL	40
	A. Conditions particulières d'utilisation	42
	(i) Réchauffage du mélange air/carburant	42
	(ii) Régimes d'utilisation	42
	(iii) Régime de ralenti moteur	43
	(iv) Entretien par l'usager	44
	B. Entretien et inspection technique des moteurs Diesel	44
	(i) Entretien par les ateliers de garages et de flottes de véhicules	44
	(ii) Inspection technique	45
XII	CONSIDERATIONS D'ORDRE INSTITUTIONNEL ET ADMINISTRATIF	46
XIII	CONCLUSION ET SYNTHESE	49
	REFERENCES	52
	ANNEXE	54

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure/Tableau n°	Titre	Page
	FIGURES	
1	Moteur Diesel équipé d'un turbocompresseur	14
2	Amélioration estimée de la consommation en fonction du poids total en charge pour les véhicules articulés	15
3	Amélioration estimée de la consommation pour un véhicule articulé opérant sur un cycle donné	16
4	Effet du calage de l'injection sur les émissions de fumées, le couple moteur et la consommation	26
5	Corrélation entre la consommation de carburant et l'opacité des gaz d'échappement mesurée sur 68 moteurs identiques (1968 à 1975)	28
6	Corrélation entre l'indice de cétane, le bruit et l'opacité des gaz d'échappement	41
	TABLEAUX	
1	Evolution des ventes de voitures particulières Diesel et prix des carburants dans certains pays industrialisés	5
2	Proportion de véhicules Diesel dans le parc total automobile de quelques pays en développement (1979-1980)	7
3	Parc des véhicules commerciaux (1976 et 1977)	8
4	Marché des véhicules automobiles	9
5	Evolution des marchés de véhicules Diesel dans le monde industrialisé	10

I - INTRODUCTION

1. L'utilisation croissante de véhicules à moteur Diesel est un phénomène favorable à la solution de certains problèmes liés à la protection de l'environnement, entre autres en ce qui concerne les émissions polluantes des véhicules automobiles. Il en est ainsi des oxydes de carbone et dans une moindre mesure des hydrocarbures imbrûlés, dont l'utilisation du diesel tend à diminuer les émissions, tout en permettant de réduire l'énergie nécessaire au fonctionnement des véhicules et par voie de conséquence la consommation de carburant et l'approvisionnement en pétrole brut. Néanmoins, la faveur dont jouit le véhicule Diesel n'est pas sans incidence sur la santé, s'agissant d'émissions de fumées, de particules et d'odeurs caractéristiques de ce type de moteur. Concernant les émissions globales d'oxydes d'azote, les moteurs Diesel et les moteurs à allumage commandé sont pratiquement à égalité bien que les véhicules Diesel émettent une proportion plus élevée de dioxyde d'azote (NO_2) qui se combine d'ailleurs avec les NO_2 résultant de la conversion des émissions de NO dans l'atmosphère. Afin d'exploiter les avantages et de réduire les inconvénients de la technique Diesel, l'attention des gouvernements devrait se concentrer tout spécialement sur les points suivants :

- Conception technique des véhicules
- Entretien et réparation
- Utilisation (conduite et mise en oeuvre)
- Caractéristiques des carburants - et par voie de conséquence structure des raffineries.

2. L'efficacité des actions à entreprendre nécessite une étroite coopération de l'industrie et des usagers. Au regard de l'éventail des mesures susceptibles d'être prises en ce qui concerne les véhicules Diesel, il est opportun d'avoir à l'esprit que les approches diffèrent selon la catégorie des véhicules concernés, s'agissant de voitures particulières, de véhicules commerciaux ou de transport public, et cela pour les raisons suivantes :

- La majorité des véhicules commerciaux et de transport public existants est dès maintenant équipée de moteurs Diesel, alors qu'en dépit de leur rapide expansion les voitures particulières dieselisées n'occuperont que dans plusieurs années la place importante qu'elles devraient prendre dans les parcs automobiles ;

- En raison de leur cylindrée comparativement élevée et des caractéristiques techniques particulières de leur moteur Diesel, les véhicules commerciaux et de transport public polluent unitairement plus et sont plus bruyants que les voitures particulières, alors que leur rendement en terme de charge ou de passagers transportés par kilomètre surclasse largement celui des voitures particulières.

3. En dehors des véhicules automobiles, la technologie Diesel s'applique également aux installations fixes telles que les centrales thermiques et les véhicules utilisés hors voies de communication, tracteurs agricoles, engins de travaux publics etc. L'intervention des gouvernements à l'égard de ces types de matériels et de leur motorisation Diesel diffère en général de celle ayant trait aux véhicules routiers, et n'est donc pas traitée dans ce document.

4. En élaborant une politique relative à la mise en oeuvre des véhicules routiers équipés de diesels, il importe de ne pas dissocier les différents aspects relevant de la protection de l'environnement et de l'économie des ressources naturelles des conditions économiques et sociales localement prévalantes. Par ailleurs, et en tant qu'élément de l'étude du PNUE traitant des principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son usage, le contenu de la présente étude s'adresse tout spécialement aux gouvernements et à leurs administrations qui souhaitent se familiariser avec les problèmes d'énergie et d'environnement posés par l'utilisation des moteurs Diesel. Les objectifs poursuivis se définissent ainsi :

a) identifier les aspects majeurs caractérisant les conditions de protection de l'environnement liées à l'usage des véhicules Diesel

b) examiner les conditions d'ordre technologique caractérisant les émissions toxiques et le bruit des moteurs Diesel, et les moyens de les maîtriser

c) identifier les possibilités d'actions susceptibles d'être menées par les gouvernements afin d'exploiter les avantages et de minimiser les inconvénients de la technique Diesel, tout en explorant les domaines dans lesquels les Nations Unies et autres organismes internationaux pourraient faciliter la tâche des gouvernements.

5. Bien que la majorité des pays industrialisés confèrent un certain nombre d'avantages au moteur Diesel, la décision de favoriser leur usage en tant qu'équipement des véhicules routiers doit être examinée cas par cas en fonction des situations locales liées à la géographie, au climat, aux ressources et approvisionnement énergétiques, incluant structure et potentiel de l'industrie de raffinage. Ce n'est qu'à la lumière de cette exploration que toute stratégie relative à l'expansion des véhicules équipés de diesels peut être raisonnablement conduite, faisant apparaître dans des conditions données les avantages de ces derniers comparés aux moteurs à allumage commandé.

6. En outre, et concernant de nombreux pays en développement, certains facteurs spécifiques méritent d'être pris en compte dans cette approche d'une politique de dieselisation des véhicules routiers, les uns relevant des conditions d'utilisation et de mise en oeuvre des transports, les autres concernant le véhicule automobile en tant que tel. D'une façon générale, l'infrastructure routière des pays en développement demeure incontestablement inadaptée, tant en ce qui concerne la densité que la qualité des réseaux, leur équipement de signalisation et les règles de circulation qui en codifient l'usage. Par ailleurs - et tout particulièrement en zone rurale - le manque de moyens en véhicules de transport public aboutit à une utilisation déraisonnable des véhicules en service se prêtant aux dépassements de charge et à l'irrespect de la périodicité des visites d'entretien prescrites par les constructeurs. Cette situation s'aggrave le plus souvent du fait de facteurs d'ordre socio-économique matérialisés à la fois par l'insuffisance des budgets destinés à investir en moyens adaptés de transport et par l'incapacité de la collectivité à subvenir à la mise en oeuvre de tels moyens. A ces conditions matérielles défavorables s'associe l'absence de formation pratique des propriétaires et utilisateurs de véhicules, ne permettant ni une utilisation rationnelle ni un entretien efficace des matériels de transports dont ils disposent, d'où le peu d'efficacité des systèmes de transports routiers existants quand on la compare à celle des pays industrialisés. On ne saurait également ignorer que l'absence de vérifications et d'inspections techniques obligatoires, l'inaptitude des réseaux de réparations et d'entretien, due pour l'essentiel à la rareté des mécaniciens de garage qualifiés et à l'indisponibilité des pièces de rechange, constituent trop souvent un terrain peu favorable au développement du diesel. De surcroît, cette situation s'aggrave parfois de problèmes particuliers concernant les carburants, leur approvisionnement, leur distribution et leurs spécifications fréquemment altérées au gré de manipulations et mélanges hazardeux pratiqués sous la pression de facteurs locaux d'ordre socio-économique. Tout cela est évidemment peu propice à une utilisation rationnelle des véhicules Diesel et concourt à la dégradation de l'environnement, de la sécurité routière et à l'augmentation des dépenses énergétiques.

7. A cet égard, distinction doit être faite entre pays importateurs et pays fabricants de véhicules Diesel, ces derniers étant seuls à même de sélectionner et d'appliquer les options de leur choix liées à la conception et à la construction des véhicules. Il convient enfin de garder à l'esprit que lorsque les premiers véhicules commerciaux équipés de moteurs diesel furent introduits sur les marchés des pays industrialisés - et ce, dès avant la Seconde Guerre mondiale - ces pays avaient antérieurement acquis une expérience considérable dans le domaine du moteur à allumage commandé, dont les premiers développements datent du début de ce siècle. Cette expérience a facilité l'introduction, l'évolution et les conditions de mise en oeuvre des véhicules Diesel.

II - LES VEHICULES DIESEL DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS ET EVOLUTION PROBABLE

8. Alors que les véhicules à moteur Diesel et à allumage commandé sont et demeureront encore longtemps complémentaires, le développement mondial des véhicules diesel de toutes catégories, qu'il s'agisse de véhicules commerciaux et de transport public ou de voitures particulières, est sans doute le phénomène le plus marquant de l'évolution de l'automobile au cours de la dernière décennie. A cet égard, en Europe, dès avant 1970 et en moins de dix ans, le moteur diesel s'est presque totalement substitué au moteur à allumage commandé dans la catégorie des véhicules commerciaux (plus de 4 tonnes). Au Japon, les véhicules commerciaux de tonnage moyen et les véhicules lourds dieselisés entraient dès 1981 pour quelque 60% dans la production totale de ces types de véhicules. Cette rapide évolution est due pour l'essentiel au rendement supérieur du moteur Diesel, tout particulièrement lorsque la puissance demandée avoisine les trois quarts de la puissance maximale disponible, plage de fonctionnement moteur répondant aux conditions courantes d'utilisation routière des véhicules commerciaux de gros tonnages et des véhicules de transport public. En ce qui concerne les véhicules commerciaux légers et les voitures particulières en Europe, l'introduction du moteur Diesel fut plus tardive, mais connut une croissance très rapide au cours des années soixante-dix sous l'effet de la crise pétrolière et de son impact restrictif sur l'approvisionnement et les prix des carburants. Par ailleurs, les réductions fiscales accordées par les gouvernements européens en faveur des seuls carburants Diesel ont largement contribué à accélérer la dieselisation des parcs automobiles toutes catégories confondues, et demeurent en Europe une incitation permanente à cette évolution.

9. Le cas de la République Fédérale d'Allemagne, où la part des véhicules commerciaux légers équipés de moteurs Diesel dans la production totale de ce type de véhicules est passée de 70% en 1973 à 90% en 1979, illustre bien cette tendance à la dieselisation. Cette évolution est plus spectaculaire encore dans le cas de la France où, au cours de la même période, ce pourcentage est passé de 43 à 70%. En ce qui concerne les voitures particulières équipées de moteur Diesel, leur part dans la production totale s'est accrue de 1970 à 1979 de 2,7% à 13,3% en République Fédérale d'Allemagne, et de 1,7% à 8,5% en France. Pareille tendance est aujourd'hui constatée au Royaume-Uni et plus encore en Italie et au Japon, où les voitures Diesel représentent plus de 3% de la production de ce type de véhicules. Le tableau 1 permet de cerner l'évolution des immatriculations de véhicules Diesel de 1972 à 1980, et des prix de leurs carburants en 1979 et 1980, en République Fédérale d'Allemagne, France, Italie, Japon, Royaume-Uni et Etats-Unis d'Amérique.

10. On peut ainsi constater qu'aux Etats-Unis, de 1979 à 1980, la part des véhicules Diesel dans l'ensemble du marché des voitures particuliers est passée de 2,2 à 4,6%. En 1981, ce pourcentage s'est

TABLEAU 1

Evolution des ventes de voitures particulières Diesel et prix des carburants dans certains pays industrialisés

	Royaume-Uni	France	Rép. Féd. d'Allemagne	Italie	Japon	Etats-Unis
Diesels en pourcentage des ventes de voitures particulières						
1972	0,09	2,4	3,4	0,8	-	-
1973	0,07	2,0	3,7	1,2	-	-
1974	0,08	3,3	4,6	1,6	-	-
1975	0,05	4,5	4,3	2,5	-	-
1976	0,5	4,3	3,8	2.5	0,4	-
1977	0,5	6,4	4,7	2,5	1,1	0,1
1978	0,2	6,5	5,9	4,5	1,5	0,4
1979	0,3	7,3	7,2	4,1	2,0	2,2
1980	0,4	8.9	7,4	6,8	-	4,6
1981	-	-	-	-	-	6,6
1982	-	-	-	-	-	4,5
Prix de l'essence et du carburant Diesel en Dollars U.S. (1980)						
1979	2,44	2,84	2,31	3,18	3,14	1,20
1980	2,61	3,13	2,54	3,13	3,14	1,22
	(2,73)	(2,21)	(2,44)	(1,46)	(3,14)	(1,13)

Source: Motor Vehicle Manufacturers Association of the United States

élevé à 6,6%. Bien que le taux de croissance des ventes de véhicules Diesel se soit depuis sensiblement ralenti sous l'effet du retour à la normale de l'approvisionnement en produits pétroliers et des changements intervenus dans la tarification différentielle des prix des carburants essence et gasole, la dieselisation a dû s'affirmer aux Etats-Unis, tout au moins jusqu'en 1984. C'est ainsi que la General Motors estime que la production de ses véhicules diesel représentera à court terme entre 3 et 5% de sa production totale et entre 5 et 10% à long terme. D'autres constructeurs suivent d'ailleurs la même voie. Après avoir consacré plusieurs années au développement du moteur PROCO à charge stratifiée et injection directe, Ford s'est aussi lancé dans la dieselisation, alors que Chrysler s'apprête à sortir un nouveau véhicule Diesel. Enfin, Daimler-Benz, Peugeot, Volkswagen et Audi vendent traditionnellement des véhicules Diesel aux Etats-Unis, cependant que d'autres constructeurs européens et japonais sont déjà présents sur ce marché ou du moins s'y préparent. Tel est le cas de British Leyland, Citroën, Nissan, Fiat, Renault, Toyota ou Volvo.

11. Alors que certaines prévisions, sans doute optimistes, font état d'une pénétration du diesel allant jusqu'à 20% du marché nord-américain des voitures particulières en 1985 et à 30% vers 1990, l'avenir dépendra essentiellement de la politique adoptée en matière de prix des carburants : essence et gazole. D'autres prévisions apparemment plus raisonnables limitent pour 1985 cette pénétration diesel à 8% pour les voitures particulières et 10% pour les véhicules utilitaires légers. Par ailleurs, si les véhicules Diesel dominent traditionnellement aux Etats-Unis le parc des véhicules utilitaires lourds (au-dessus de 25 tonnes environ) utilisés sur longues distances, ils n'ont que faiblement pénétré le parc des véhicules commerciaux de 4 à 13 tonnes. Des considérations d'ordre économique liées à l'utilisation et à la consommation de carburant sont à la base de la dispersion de ces taux de pénétration. Certains constructeurs conçoivent d'ores et déjà des moteurs Diesel adaptés aux véhicules commerciaux légers et de moyen tonnage. On peut donc prévoir qu'aux Etats-Unis, vers 1995, plus des deux tiers du parc des véhicules utilitaires lourds seront équipés de moteurs diesel, alors que la dieselisation en lobera la majorité des parcs de véhicules de plus de 10 tonnes et interviendra pour environ 30% dans le parc des véhicules de 4 à 9 tonnes. Il est donc possible, sinon probable, que vers 1995 la pénétration du moteur Diesel - et tout particulièrement en raison de sa domination quasi totale dans la catégorie des véhicules lourds - se traduira par un kilométrage "véhicule Diesel" s'élevant à quelque 80% du kilométrage total du parc des véhicules commerciaux de tous tonnages.

12. Le tableau 2 révèle la part prise par les véhicules Diesel dans le parc automobile de certains pays en développement (2). Il est raisonnable de penser que dans ces pays, où la motorisation est en croissance rapide, le pourcentage de véhicules Diesel dans le parc automobile devrait croître plus rapidement que dans les pays industrialisés - et ce, dans la mesure où les véhicules commerciaux et de transports publics, de plus en plus équipés de moteurs Diesel, constituent et continueront longtemps à constituer une part plus

TABLEAU 2

Proportion de véhicules Diesel dans le parc total automobile de quelques pays en développement

(1979 - 1980)

Pays	Parc total automobile		Véhicules Diesel %
Egypte	616.000		13
Grèce	538.000		9
Hong-Kong	218.000		21
Koweït	496.000		10,5
Rép. de Corée	513.000		40
Malaisie	2.190.000		7
Singapour	360.000		11
Sri Lanka	292.000		17
Thaïlande	1.470.000		26
Zimbabwé	220.000	voitures particulières	5
	17.000	véhicules commerciaux	95

TABLEAU 3

Parc des véhicules commerciaux

(1976 et 1977)

	Millions de véhicules		% du total mondial		Véhicules commerciaux en % du parc total de véhicules	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977
Amérique du Nord	28,5	34,0	41	44	19	21
Europe de l'Ouest	11,2	13,6	16	17	11	12
Japon	11,0	11,6	16	15	37	37
Afrique	2,3	2,5	3,5	4	31	32
Amérique latine	4,9	3,6	7	5	27	25
Asie (a)	3,1	3,3	4,5	4	36	35
Autres	8,7	7,8	12	11	30	
Tous pays	69,7	76,4	100	100	20	21

Note : (a) N'inclut pas le Japon et la République Populaire de Chine

TABLEAU 4

Marché des véhicules automobiles (1)
(en millions d'unités)

	1955	1960	1970	Année de pointe (2) 1973-78	1979	Perspectives 1985	1990
VOITURES							
Amérique du Nord	8,3	7,0	9,0	12,3	11,6	11,0 - 12,0	8,0 - 13,5
Europe de l'Ouest	1,8	3,5	7,9	10,4	10,0	10,0 - 12,0	9,0 - 13,5
Japon	0,03	0,1	2,4	2,9	3,0	2,3 - 3,5	2,0 - 3,8
TOTAL	10,13	10,7	19,3	25,6	24,6	23,5 - 27,5	19,0 - 30,8
Reste du monde	0,8	1,3	2,6	5,9	5,9	9,0 - 16,0	15,0 - 27,0
TOTAL	10,93	12,0	21,9	31,5	30,5	32,5 - 43,5	34,5 - 57,8
VEHICULES COMMERCIAUX							
Amérique du Nord	1,3	1,0	1,9	4,4	3,9	2,0 - 3,0	1,5 - 3,0
Europe de l'Ouest	0,5	0,7	1,0	1,2	1,3	1,0 - 1,3	0,9 - 1,35
Japon	0,1	0,3	1,7	2,0	2,1	1,6 - 2,1	1,0 - 2,0
TOTAL	1,9	2,0	4,6	7,6	7,3	4,6 - 6,4	3,4 - 6,35
Reste du monde	0,8	0,9	1,5	3,1	3,2	4,2 - 8,0	7,0 - 15,0
TOTAL	2,7	2,9	6,1	10,7	10,5	8,8 - 14,4	10,4 - 21,35

Sources : Bhaskar, op.cit, p. 350
MVMA, World Motor Vehicle Data, 1981 Edition, pp. 45 and 88.

(1) Nouvelles immatriculations
(2) Année de pointe dans la période 1973 - 1978

TABLEAU 5

Evolution des marchés de véhicules Diesel dans le monde industrialisé (1)

Pays	Nouvelles immatriculations (x 000) 1980	1982	1985	Part du marché (%) 1980	1982	1985
Belgique	49	67	107	12,4	16,0	24,0
France	186	247	425	9,9	13,0	20,0
Pays-Bas	27	66	127	6,0	12,5	23,0
Italie	105	124	262	6,9	9,5	16,0
Espagne	19	29	61	3,3	4,5	8,5
Suède	15	24	35	7,7	10,0	15,0
Royaume-Uni	11	38	121	0,7	2,5	7,0
République Fédérale d'Allemagne	196	249	386	8,1	10,5	15,0
EUROPE	608	844	1.524	6,8	9,5	15,2
Etats-Unis	387	1.493	2.795	4,3	4,5	5,0
TOTAL	995	2.337	4.319	5,5	12,4	21,3

(1) Principaux marchés européens seulement
(Source: International Business Reports)

(1) Définies en tant que nouvelles homologations

importante du parc automobile que dans les pays développés (cf. tableau 3). Les données des tableaux 4 et 5 confirment d'ailleurs cette tendance où les perspectives de croissance de la demande et des parcs de voitures particulières des pays en développement excèdent sensiblement celles des pays industrialisés, alors que cette catégorie de véhicules se dieselise progressivement.

13. Une étude prospective relativement récente de "International Business Reports" souligne dans ses conclusions que la demande en véhicule Diesel sur l'ensemble des marchés européens et des Etats-Unis pourrait dépasser les prévisions antérieurement formulées. On notera parallèlement que, selon les données du tableau 5, dès 1985, la demande en voitures particulières pourrait représenter en Europe 15,2% des ventes de ce type de véhicule et 5% aux Etats-Unis. Ces données prospectives sont et demeureront largement tributaires des politiques fiscales appliquées dans l'avenir aux carburants.

III - PRINCIPES DE BASE GOUVERNANT LE PHENOMENE DE COMBUSTION DES MOTEURS DIESEL

14. Le moteur Diesel doit être à cet égard comparé au moteur à essence. En ce qui concerne le diesel, l'air est comprimé et porté à haute température dans la chambre de combustion avant l'injection de carburant. La combustion du mélange air/carburant s'opère d'elle-même environ une milliseconde après le début de l'injection de carburant. Par comparaison, et dans le cas du moteur à essence, le mélange air/carburant, simultanément introduit puis comprimé dans la chambre de combustion, s'allume sous l'effet d'une étincelle produite électriquement et parfois contrôlée électroniquement. D'où l'appellation de moteur à allumage commandé.

15. Le moteur Diesel fonctionnant par autocombustion du mélange air/carburant, le taux de compression auquel doit être porté celui-ci est nécessairement très supérieur à celui du moteur à essence et à allumage commandé, où l'énergie nécessaire au déclenchement de la combustion est apportée par un dispositif électrique autonome. Les taux de compression des moteurs Diesel non suralimentés dépassent donc 17/1, alors qu'ils se situent dans la plupart des cas entre 8 et 10/1 pour les moteurs à allumage commandé. Ces taux de compression élevés sont l'un des facteurs essentiels du rendement élevé des moteurs Diesel. En outre, et contrastant avec le moteur à essence, où la quantité de mélange air/carburant introduite dans la chambre de combustion varie en fonction du débit de l'alimentation commandé par l'accélérateur, la quantité d'air comprimé dans la chambre de combustion du diesel n'est limitée par aucun dispositif de contrôle. Seule la quantité de carburant injecté varie en fonction de la puissance demandée par le biais d'une pompe alimentant les injecteurs et que commande la position de l'accélérateur.

16. En ce qui concerne spécialement le phénomène de combustion, le carburant, injecté sous forme atomisée, doit brûler dès le début de la sortie des injecteurs. Cette aptitude du carburant à faciliter le début de la combustion dépend de son taux de cétane. Par ailleurs, sous l'effet du calage et de la durée de l'injection sélectionnés par le constructeur, la combustion se poursuit pendant un certain temps au cours de la descente du piston (cycle de détente), maintenant ainsi la pression interne à un niveau raisonnable. La plupart des culasses des moteurs Diesel équipant les voitures particulières comportent une préchambre par cylindre dans laquelle débitent les injecteurs. Cette préchambre provoque une combustion moins brutale et diminue en conséquence les vibrations mécaniques et les bruits d'échappement. L'injection directe tend cependant à se substituer à cette configuration d'injection indirecte en raison de son meilleur rendement et du gain de consommation qui en résulte, et ce, au prix d'une légère augmentation des émissions de NO_x et de particules (voir section IX ci-après).

17. La durée du phénomène de combustion des moteurs Diesel est sensiblement plus longue que celle des moteurs à allumage commandé. Le phénomène de combustion se déclenche en effet au cours de la période d'injection, dès que la richesse du mélange air/carburant et sa mise en pression le permettent. Dans le cas du diesel, la durée de la combustion est telle que très peu de mélange air/carburant échappe au phénomène de combustion, ce qui n'est pas le cas des moteurs classiques à essence, où la "propagation de flamme" ne permet pas toujours d'atteindre les points excentrés de la chambre de combustion. Cela se traduit par une diminution du mélange air/carburant imbrûlé ou incomplètement brûlé (émissions de HC et de CO) indépendamment des conditions de fonctionnement du diesel. A cet effet, un léger excès d'air permet de réduire encore les hydrocarbures imbrûlés. Par contre, les températures élevées de la combustion favorisent l'oxydation des produits azotés et donc des oxydes d'azote (dont le dioxyde d'azote). Les moteurs Diesel émettent donc généralement plus d'oxydes d'azote que les moteurs à allumage commandé de caractéristiques comparables.

IV - CARACTERISTIQUES ENERGETIQUES DU MOTEUR DIESEL - UTILISATION DES CARBURANTS

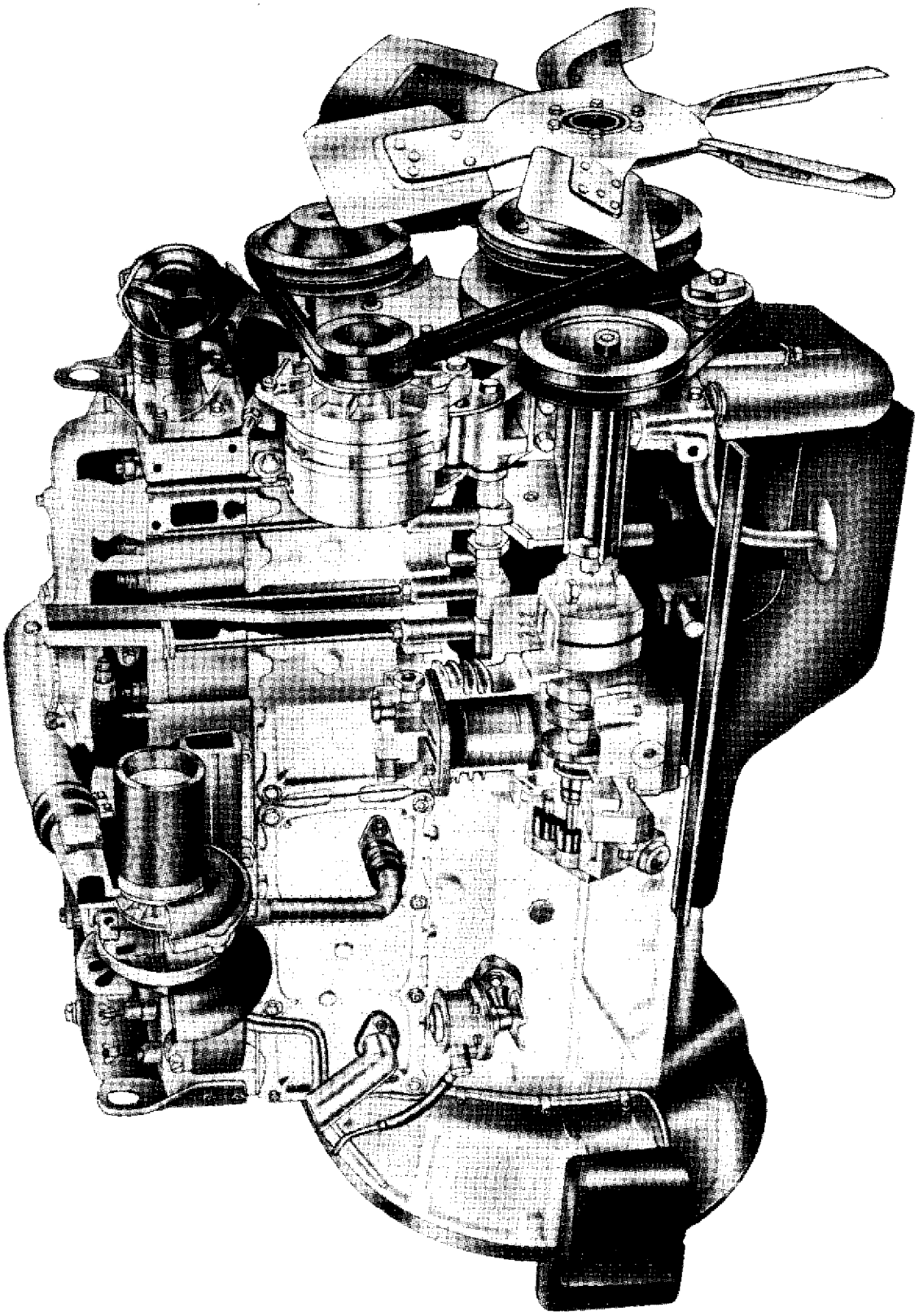
18. Le rendement thermodynamique des moteurs Diesel est de 15 à 30% supérieur à celui des moteurs à allumage commandé. Pour un véhicule de dimension et poids équivalents, son gain en consommation de carburant est à peu près du même ordre, au prix d'un certain sacrifice en terme de performances (accélération et vitesse maximale). Equipé d'injection directe, le gain en rendement thermodynamique du diesel peut d'ailleurs excéder les 30% indiqués ci-dessus et peut atteindre quelque 40%. Néanmoins, l'alimentation à injection directe provoque une combustion moins progressive et de température plus élevée, se traduisant par une augmentation des bruits mécaniques et d'échappement, et par un accroissement des émissions d'oxyde d'azote et de particules. L'introduction de

turbocompresseurs et de nouvelles culasses à turbulences, associée au contrôle électronique du mélange air/carburant assurant une combustion plus complète, permet d'augmenter sensiblement le rendement du moteur Diesel, tout au moins à moyen et haut régime. Les diesels sont par ailleurs mieux adaptés au fonctionnement des turbocompresseurs que les moteurs à allumage commandé, dans la mesure même où l'alimentation en air comprimé pose moins de problèmes que la mise en pression du mélange air/carburant, et où la structure spécialement renforcée du diesel répond mieux aux contraintes dues à l'accroissement de puissance et de couple venu de l'intervention du turbocompresseur. La figure 1 reproduit l'image d'un moteur Diesel à turbocompresseur pour véhicule utilitaire de moyen tonnage. Le renforcement structurel du diesel implique une augmentation de poids de 20 à 25% et une augmentation à peu près équivalente du prix de production. Cette augmentation de poids rapportée au poids total du véhicule ne se traduit en fait que par une pénalité massique n'excédant pas 2 à 4% suivant le type de véhicule considéré. Cette pénalité est appelée d'ailleurs à disparaître progressivement en fonction de l'utilisation croissante d'alliages légers dans la structure même du moteur Diesel, qui suit d'ailleurs l'exemple du moteur à allumage commandé (voir chapitre IX ci-après). On notera par ailleurs que, rapportée à la charge utile du véhicule, la consommation de carburant varie en fonction inverse du tonnage des véhicules commerciaux, comme l'indiquent les figures 2 et 3.

19. L'économie de pétrole brut, due à l'utilisation croissante de véhicules Diesel au rendement thermodynamique supérieur à ceux des véhicules propulsés par des moteurs à essence, dépend en outre du choix des constructeurs, de l'attitude des utilisateurs, des conditions d'approvisionnement en pétrole et de la structure des raffineries. Dans la mesure où les constructeurs mettraient sur le marché des véhicules Diesel de caractéristiques semblables aux véhicules à essence qu'ils produisaient auparavant (dimension, confort, etc.), et si les usagers convertis à l'usage du diesel parcourent le même kilométrage qu'auparavant, la consommation en pétrole brut en amont des raffineries pourrait être diminuée d'environ 25%. Par contre, l'économie de pétrole brut diminuerait sensiblement si l'usager, tenant compte de l'avantage économique que lui procure l'utilisation du diesel (rendement, prix du carburant), décidait de rouler davantage ou de s'équiper de véhicules de catégories supérieures. Ce pourrait être d'avantage le cas en Amérique du Nord qu'en Europe, au Japon et dans les pays en développement. A cet égard, et en Europe, où 20% de la consommation routière du carburant Diesel sont attribués aux voitures particulières et aux taxis (80% revenant aux véhicules commerciaux et autobus), un taux de pénétration du diesel de 10% dans les ventes de ce type de véhicules légers en 1985 (contre une pénétration de 2% en 1976) devrait permettre de réduire d'environ 4 millions de tonnes la consommation annuelle de pétrole brut (3).

20. Au niveau du raffinage, l'énergie consommée par unité d'énergie produite en convertissant le pétrole brut en carburant Diesel dépend à la fois de la structure des raffineries, des caractéristiques du brut et de la demande du marché. L'évolution de la demande en carburant Diesel pose un certain nombre de problèmes particulièrement

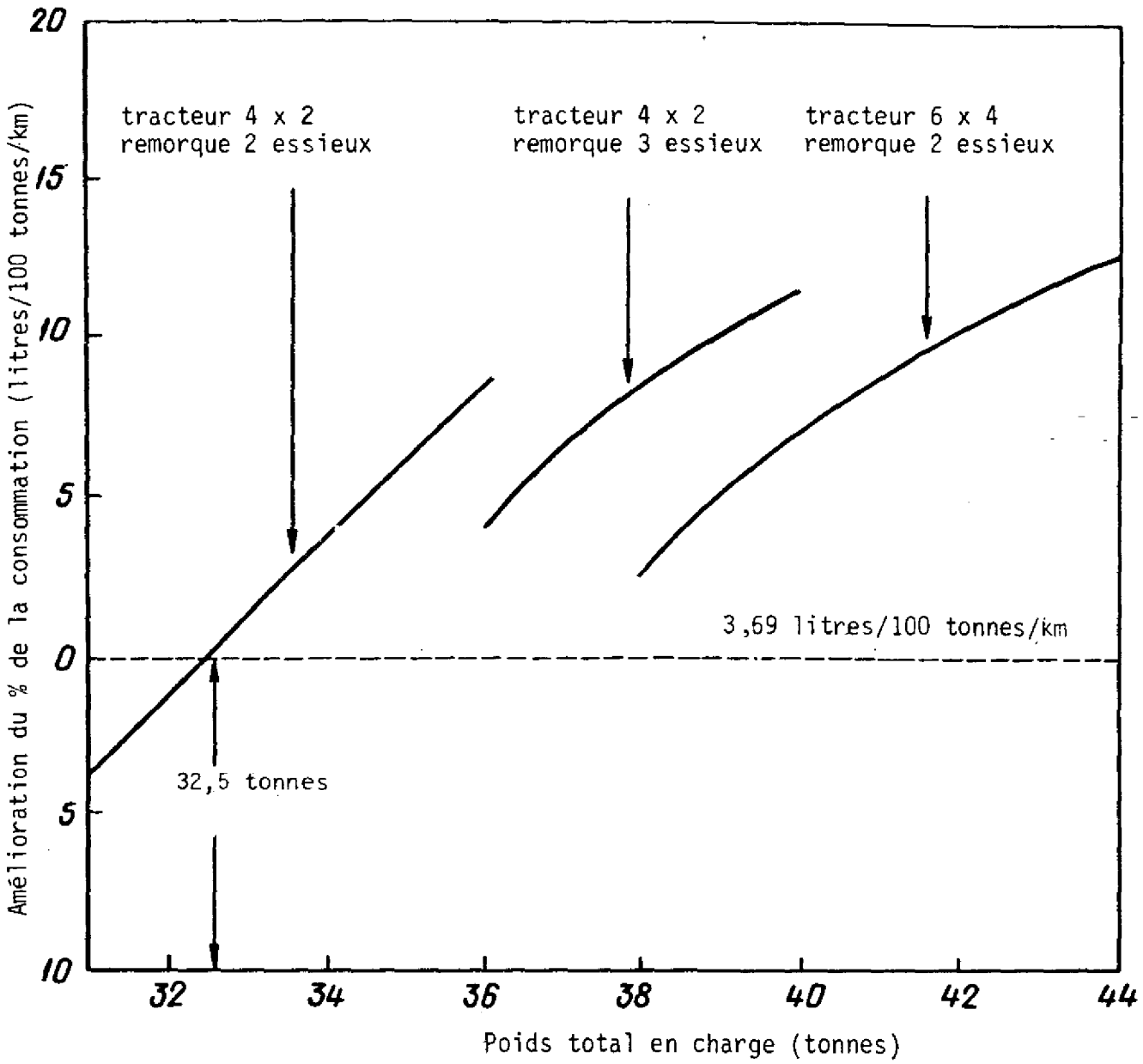
FIGURE 1 : MOTEUR DIESEL SURALIMENTE PAR TURBOCOMPRESSEUR



Source: RENAULT Véhicules Industriels MOTEUR 798

FIGURE 2

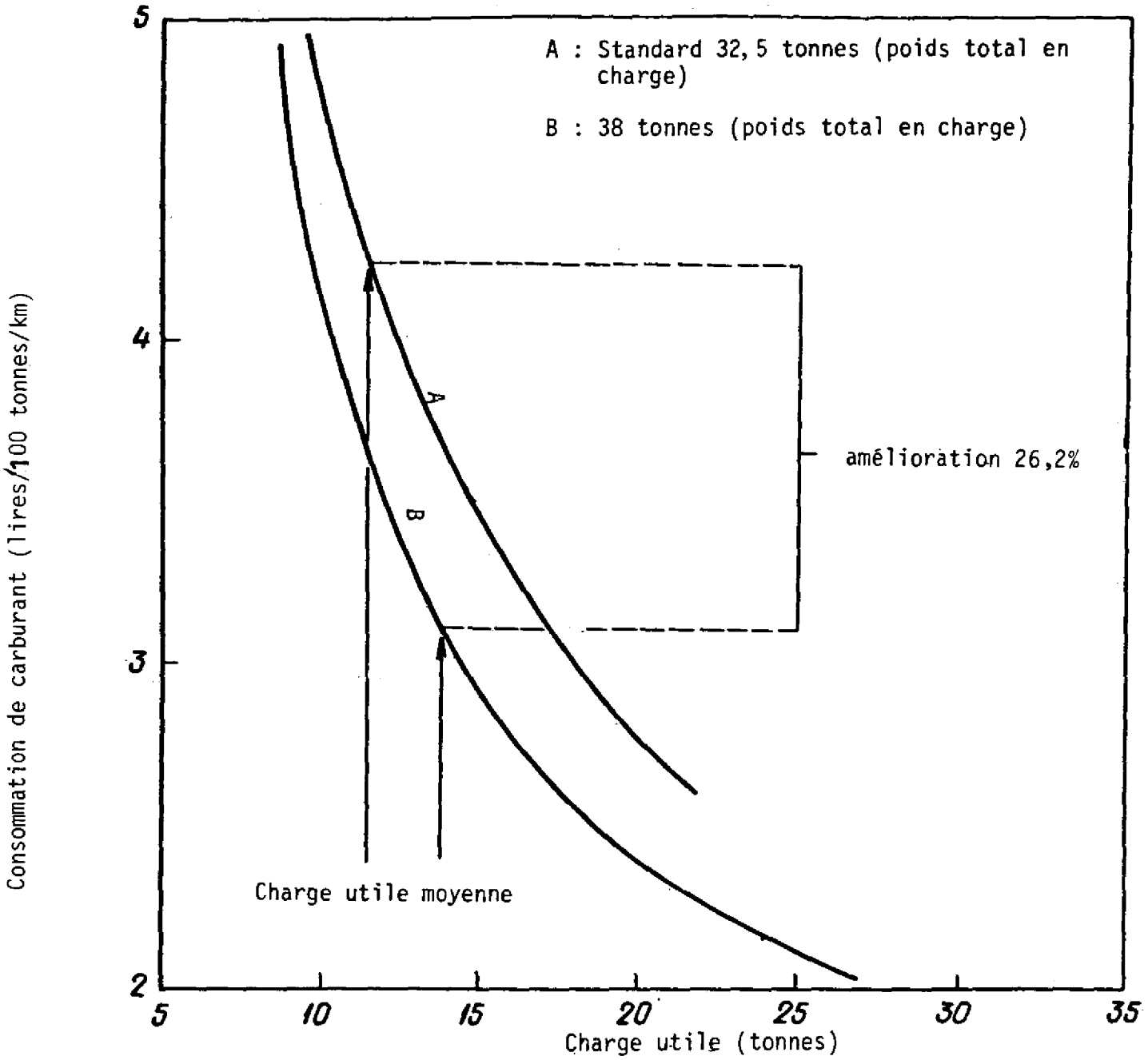
AMELIORATION ESTIMEE DE LA CONSOMMATION EN FONCTION DU POIDS TOTAL EN CHARGE POUR LES VEHICULES ARTICULES



Source: Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report 424 "Fuel utilization of articulated vehicles: effect of gross weight", by L. Gyenes

FIGURE 3

AMELIORATION ESTIMEE DE LA CONSOMMATION POUR
UN VEHICULE ARTICULE OPERANT SUR UN CYCLE DONNE



Source: Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report 424 "Fuel utilization of articulated vehicles: effect of gross vehicle weight", by L. Gyenes

complexes. Une augmentation de la demande en carburant Diesel change inévitablement la répartition de l'ensemble des produits raffinés. Les ajustements nécessaires peuvent relever de tactiques différentes. Il est effectivement possible de jouer sur les caractéristiques du brut et la répartition des stocks en amont du raffinage, ou de combiner au mieux choix du brut et modifications de structure des raffineries en utilisant les caractéristiques polyvalentes des processus de raffinage. Dans un contexte de demande croissante en carburant Diesel, l'économie de pétrole brut est tributaire de la demande en produits raffinés et de leur répartition en fonction des caractéristiques et de la structure des moyens de raffinage. Au cas où la demande en carburants routiers (essence et carburant Diesel) ne fait pas l'objet d'importants changements de répartition, ceux-ci peuvent être obtenus sans difficultés majeures au niveau du raffinage, mais, dès que l'évolution de la demande excède la flexibilité des moyens de production en produits raffinés (essence, carburant Diesel, mazout ...), un apport complémentaire d'énergie s'avère nécessaire afin de respecter qualitativement la production des carburants Diesel à partir des produits lourds de distillation. Ce supplément d'énergie est en fait supérieur à celui que nécessite dans les mêmes conditions la production de l'essence et de ses composants. Lorsque le rapport des productions respectives de l'essence et du carburant Diesel est relativement peu élevé (moins de 2:1, cas de l'Europe), une demande supérieure de carburant Diesel excédant la flexibilité des raffineries en matière de répartition des produits distillés peut entraîner un apport nouveau d'énergie au niveau du raffinage et finalement une augmentation de la totalité de pétrole brut entrant dans la production des produits raffinés en fonction de la demande. Aux Etats-Unis, où le rapport des productions d'essence et de carburant Diesel est sensiblement plus élevé (plus de 3:1), une demande croissante de carburant Diesel permettrait d'optimiser la consommation globale d'énergie liée à l'activité de raffinage et d'approcher les résultats généralement obtenus à cet égard en Europe. Une étude récente conduite aux Etats-Unis estime qu'à consommation énergétique constante une pénétration des voitures particulières équipées de moteurs Diesel portée à 50% du marché pourrait réduire de 2% la consommation nationale de pétrole brut. Enfin, et en ce qui concerne les pays en développement, ceux-ci souffrent généralement d'un double handicap. Les structures de leurs raffineries manquent en effet dans la plupart des cas de flexibilité dans la répartition des produits distillés. En outre, le choix des caractéristiques des pétroles bruts qui leur sont proposés demeure le plus souvent limité. Cette situation est évidemment peu propice à l'utilisation d'un carburant Diesel de qualité acceptable, et plus particulièrement lorsque se modifie la répartition des produits raffinés en fonction de l'évolution de la demande.

21. Il convient finalement d'avoir à l'esprit que l'ensemble des considérations ci-dessus, liées aux problèmes énergétiques et de consommation, sont largement tributaires des conditions de mise en oeuvre des véhicules équipés de moteurs Diesel. Cette question et celle des carburants Diesel de remplacement seront respectivement traitées aux chapitres XI et X ci-après.

V - IMPACT DE L'UTILISATION DES VEHICULES DIESEL SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE

22. En cette matière, l'étude du National Research Council des Etats-Unis, intitulée "Impact sur la santé de l'exposition aux émissions Diesel" ("Health Effects of Exposure to Diesel Emissions") revêt une importance majeure, étant entendu que les conséquences des émissions Diesel sur la santé ne sauraient être abordées que dans le contexte même des pays étudiés. Ces conséquences sont en effet tributaires tant des conditions géographiques et climatiques prédominantes que des caractéristiques des parcs automobiles, de l'état d'entretien des véhicules et de la réglementation qui leur est appliquée. Dans cet esprit, les problèmes des véhicules lourds et des voitures particulières doivent être impérativement dissociés, les premiers étant de fait plus bruyants et méritant en conséquence d'être traités différemment dans le cadre d'un programme général de protection de l'environnement. Le présent chapitre couvre exclusivement les problèmes d'émissions et de bruit des véhicules Diesel dans leur fonction de transport, en comparant autant que possible les nuisances du diesel à celles du moteur à allumage commandé. La première partie du chapitre traite donc des composants majeurs et clairement identifiés des émissions des véhicules Diesel tels le monoxyde de carbone, les hydrocarbures imbrûlés et les oxydes d'azote. D'autres polluants de natures plus complexes, et dont la composition chimique et les caractéristiques physiques demeurent encore mal identifiées (particules, produits cancérigènes etc.), seront étudiés séparément. La troisième partie de ce chapitre couvre les problèmes d'émissions de fumées, de visibilité et d'odeurs, avant que ne soit traité séparément le phénomène particulier du bruit lié au fonctionnement spécifique du moteur Diesel. Bien qu'il n'entre pas dans la composition des carburants Diesel, le problème du plomb sera évoqué en tant qu'impact de l'activité routière générale sur les teneurs en plomb de l'air ambiant. La dernière partie de ce chapitre sera réservée aux additifs des carburants Diesel et aux émissions d'oxyde de soufre, pratiquement indépendantes de la mise en oeuvre des véhicules et directement liées aux teneurs en soufre des carburants.

(i) Polluants spécifiques

(a) Monoxyde de carbone (CO)

23. L'exposition à des concentrations élevées de monoxyde de carbone peut provoquer de graves lésions, tout particulièrement chez les individus atteints de troubles cardio-vasculaires et chez les femmes enceintes (4). Les véhicules automobiles sont en général la source majeure de la teneur en monoxyde de carbone de l'atmosphère ambiante des zones urbaines, avec en général des concentrations maximales au niveau des voies de communications intra-muros. A titre de comparaison, les voitures particulières équipées de Diesel émettent

en moyenne quelque 2 g/mile (i) contre environ 90 g/mile pour un moteur à allumage commandé non dépollué. Bien qu'en Europe ce type de moteur verra ses émissions de monoxyde de carbone sensiblement réduites entre 1980 et 1990 sous l'effet de réglementations antipollution de plus en plus sévères appliquées aux nouveaux véhicules, le très faible niveau des émissions de monoxyde de carbone des moteurs Diesel devrait contribuer à l'amélioration de l'atmosphère ambiante des zones urbaines à circulation dense. Le développement du diesel devrait donc avoir une incidence positive sur la santé des citadins, tout au moins en ce qui concerne les émissions de CO.

(b) Hydrocarbures (HC) (non cancérigènes ou mutagènes)

24. La formation d'oxydants photochimiques et d'ozone doit être considérée comme l'aspect essentiel des émissions d'hydrocarbures non cancérigènes ou mutagènes et de leurs composants. Il s'agit là de menaces directes sur la santé doublées au plan purement physique d'éléments générateurs de brouillards susceptibles de réduire la visibilité sur les voies routières (5). Parmi d'autres sources d'émissions d'hydrocarbures (raffinage, incinération, nettoyage, peinture etc.), le transport routier directement lié à l'activité industrielle et commerciale doit être considéré comme l'origine majeure de ces émissions de HC en zone urbanisée.

25. Trois sources d'émissions d'hydrocarbures caractérisent l'impact polluant des véhicules automobiles :

- Echappement : Les émissions d'hydrocarbures à l'échappement des véhicules Diesel sont quantitativement de niveau équivalent, voire inférieur, aux émissions de véhicules à essence. Par ailleurs, les véhicules Diesel émettent une catégorie particulière d'hydrocarbures réactifs, source possible de réactions photochimiques dangereuses.

- Pertes par évaporation (ii) : La faible volatilité du carburant Diesel n'entraîne pratiquement pas de pertes par évaporation. Par contre, l'essence, plus volatile, et son contenu d'hydrocarbures réactifs s'évaporent et peuvent ainsi contribuer à la formation d'oxydants photochimiques et d'ozone. La pénétration du diesel sur le marché automobile est donc sur ce plan un élément favorable à la diminution de la concentration d'ozone dans l'atmosphère, facteur bénéfique pour la santé des populations citadines.

(i) Les données chiffrées apparaissant dans ce chapitre sont basées sur les résultats de tests conformes aux procédures établies par l'Administration Fédérale des Etats-Unis, et sont exprimées en grammes/mile. Les comparaisons avec d'autres données correspondant à l'application de tests et procédures différentes restent valables.

(ii) Voir également les paragraphes 30 et 31 ci-dessous relatifs aux produits cancérigènes plus spécialement liés au benzène.

- Emissions des gaz de carters : Concernant le moteur Diesel, ces émissions d'hydrocarbures sont pratiquement inexistantes. Par contre, de faibles émissions de nitrosamines et de composants aromatiques susceptibles d'être cancérigènes peuvent apparaître dans certaines conditions d'utilisation moteur (régime, charge).

(c) Oxydes d'azote (NOx)

26. Les oxydes d'azote ont un effet toxique certain et contribuent également, comme les hydrocarbures, à la formation d'oxydants photochimiques et d'ozone (6). Le dioxyde d'azote (NO_2) est, de tous les oxydes d'azotes, le plus toxique. Par ailleurs, et dans la mesure où il se transforme en NO_2 dans l'atmosphère, le monoxyde d'azote (NO) doit être réglementé. Enfin, bien que tout processus de combustion en présence de l'air donne naissance à la formation d'oxydes d'azote, leur concentration dans l'atmosphère des agglomérations est due pour environ 50% à l'activité du secteur transport routier.

27. En ce qui concerne les émissions des véhicules Diesel, il convient de distinguer les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde d'azote (NO_2) :

- Lorsqu'elles ne sont pas réglementées, les émissions d'oxydes d'azote (NOx) des moteurs Diesel et des moteurs à allumage commandé sont pratiquement du même ordre. Cependant, les techniques permettant de limiter les émissions de NOx sont pour l'instant mieux adaptées au moteur à allumage commandé qu'au moteur Diesel. Le handicap subi par ce dernier est néanmoins appelé à se combler en fonction de l'évolution technologique du diesel.

- Les émissions de dioxyde d'azote (NO_2) des véhicules Diesel représentent approximativement le quart des émissions d'oxydes d'azote (NOx) de ce type de véhicule, ce qui les différencie des émissions des moteurs à allumage commandé, composées en majorité d'oxydes d'azote (NO). Le développement du diesel est donc appelé à augmenter la teneur en NO_2 de l'atmosphère au voisinage des voies de circulation, favorisant ainsi la formation d'oxydants photochimiques par réaction des NO_2, HC et aldéhydes sous l'effet solaire.

(ii) Polluants de composition complexe

(a) Particules

28. Les émissions de particules à l'échappement des moteurs Diesel pourraient avoir une incidence non négligeable, voire préoccupante, sur la qualité de l'air ambiant. Associées aux oxydes de soufre directement liés à la composition des carburants Diesel (voir paragraphe 35), ces particules peuvent aggraver certaines maladies respiratoires (bronchite, emphysème, asthme). Considérées en tant

que telles comme non cancérigènes, ces particules peuvent être néanmoins les véhicules de certaines substances cancérigènes, voire mutagènes, qu'elles sont susceptibles d'absorber (voir section (b) ci-dessous).

29. En tout état de cause, les moteurs Diesel émettent plus de particules que les moteurs à allumage commandé. Ces émissions s'échelonnent généralement de 0,2 à 1 g/mile (en moyenne 0,6 g/mile) et se composent d'un agrégat de fines particules de dimension avoisinant 0,3 micron retenant diverses substances organiques. Dans des conditions optimales de réglage, le moteur Diesel émet, selon son type et sa "charge", de 30 à 100 fois plus de particules qu'un moteur à allumage commandé équipé d'un catalyseur.

(b) Cancérigènes potentiels

30. Les risques de cancer associés aux émissions des véhicules Diesel ne peuvent être abordés qu'après identification des substances cancérigènes incorporées dans ces émissions, de leurs effets spécifiques, et des durées d'exposition auxquelles le public est soumis. Cette analyse est d'autant plus malaisée que la diversité et la complexité des substances en suspension dans les gaz d'échappement des diesel se prête mal aux tests de laboratoire conduits in vitro et in vivo. Les résultats concernant l'effet des particules émises par le moteur Diesel sur les animaux sont en effet difficilement applicables à l'humain. L'expérimentation sur les animaux, et plus particulièrement sur les rongeurs soumis à l'inhalation de gaz toxiques, présente en effet des aspects très particuliers. Les composants cancérigènes n'entrent que pour une faible part dans la composition des gaz d'échappement, qui doivent donc être inhalés par les rongeurs en quantité suffisante pour en obtenir des résultats statistiques fiables. Or la reproduction cellulaire du système respiratoire des rongeurs s'opère à un rythme relativement lent (approximativement une fois par an) et l'impact biologique des substances cancérigènes ne peut apparaître qu'après plusieurs régénérescences des cellules. A moins d'accélérer artificiellement ce rythme de reproduction cellulaire, la durée de l'expérimentation peut donc excéder la durée de vie du rongeur. Par ailleurs, le fonctionnement du système respiratoire de l'homme se fait à la fois par voie nasale et buccale alors que les rongeurs ne respirent que par voie nasale ; d'où, pour ces derniers, un avantage certain quant à la protection de leur système respiratoire, dont la configuration se prête à une retenue et à un filtrage plus efficace des matières toxiques inhalées avant pénétration au niveau des bronches et des poumons.

Ces difficultés nécessitent de multiplier les tests en laboratoire en en variant autant que possible les conditions (procédures - choix des cobayes) ; et en en interprétant les résultats avec circonspection.

31. Au regard des risques que les émissions d'hydrocarbures pourraient provoquer en tant que substances potentiellement cancérigènes, le moteur Diesel doit être abordé en examinant séparément les trois sources d'émissions qui caractérisent son fonctionnement :

Echappement - Bien que certaines substances véhiculées par les émissions de particules soient susceptibles d'être cancérigènes, leur composition et leurs effets sont encore mal connus. A la lumière des expériences conduites in vitro, il est sûr que les particules - et par voie de conséquence les substances à risques cancérigènes qu'elles véhiculent - pénètrent profondément les régions pulmonaires, sans pour autant que l'effet cancérigène de l'exposition aux gaz d'échappement des diesel ait été jusqu'ici clairement prouvé.

Evaporation - Les carburants Diesel ne contiennent pas de benzène, qui entre par contre dans la composition de l'essence (environ pour 2% en Amérique du Nord et jusqu'à 5% en Europe). Bien que le benzène, substance souvent associée aux leucémies, ne se trouve qu'en très faible quantité dans les pertes par évaporation des véhicules à essence, le développement des ventes de véhicules Diesel ne peut qu'avoir un impact bénéfique sur la santé.

Gaz de carter - A noter la présence en faible teneur de produits aromatiques et de nitrosamine, substances potentiellement cancérigènes, dans les gaz de carter moteur.

(c) Mutagènes

32. Les résultats de tests in vitro laissent entendre que certaines substances composant les émissions de particules des véhicules Diesel ont des propriétés mutagènes. La corrélation des mutations cellulaires des différentes familles de mammifères permet de penser que l'homme n'est pas à l'abri de cette évolution cellulaire. En outre, et si par hypothèse ces agents mutagènes pénètrent les cellules des organes génitaux, les modifications génétiques parentales qui en résultent peuvent être transmises par voie de filiation.

(iii) Réduction de visibilité et odeurs

33. A l'encontre des moteurs à allumage commandé, les moteurs Diesel peuvent émettre fumées et odeurs au point de gêner les populations urbaines au voisinage des voies à circulation dense. Cette situation pourrait d'ailleurs devenir préoccupante si les véhicules Diesel devaient se substituer pour une large part aux véhicules à essence. Les odeurs d'échappement Diesel ont pour origine une combustion incomplète du mélange air/carburant et une certaine dégradation des composants du gasole.

L'oxydation des gaz imbrûlés au stade de la combustion provoque la formation odorante d'aldéhydes, de phénols et d'acides organiques. En ce qui concerne les émissions de fumées noires, celles-ci sont pour l'essentiel composées de particules de carbone provenant également d'une combustion incomplète. Ces fumées sont parfois teintées de bleu venu de remontées d'huile de carter vers la chambre de combustion. En dehors du désagrément qu'elles provoquent, les fumées émises par le diesel peuvent atteindre une densité telle qu'elles réduisent dangereusement la visibilité, élément essentiel

de la sécurité des usagers de la route. Comme on pourra le constater ci-après, les développements technologiques du diesel doivent cependant permettre de maîtriser progressivement les émissions de fumées qu'aggravent aujourd'hui certaines mesures prises au stade de la conception du moteur pour répondre aux exigences de la réglementation des émissions de NOx (recirculation des gaz de carter, retard à l'injection).

(iv) Bruit

34. Le phénomène d'autocombustion du moteur Diesel s'opère sous l'effet de taux de compression élevés donnant naissance à des bruits mécaniques dont les fréquences s'échelonnent généralement entre 500 et 5000 hertz et dont les effets sont liés à leur intensité et à leur fréquence d'émission (8). Les nuisances dues au bruit de la circulation automobile sont en croissance constante dans la quasi-totalité des zones urbaines. Une récente conférence organisée par l'OCDE a mis en lumière qu'environ 15% de la population de ses pays membres sont couramment exposés de jour à un niveau de bruit excédant 65 dBA (Leq.) et que ce pourcentage excède les 50% pour des niveaux de bruit dépassant 55 dBA (Leq.)), la circulation routière demeurant de loin la source majeure de tels niveaux de bruit. Aux Etats-Unis, certaines études prospectives prévoient que si de nouvelles mesures ne sont pas prises en matière de circulation automobile, le nombre de personnes exposées à des niveaux sonores "inacceptables" (au-delà de 65 dBA (Leq.), passera vers l'an 2000 de 17,8 à 21,6 millions. Par contre, si les limites de bruits imposées aux véhicules commerciaux et aux voitures particulières étaient respectivement réduites de 10 et 5 dBA, la population aujourd'hui exposée à des niveaux sonores égaux ou supérieurs à 65 dBA pourrait être réduite à quelque 6,5 millions de personnes. En Europe, certaines estimations laissent entendre que les 15% de la population actuellement soumis à des niveaux sonores de plus de 65 dBA, pourraient être ramenés à 3 ou 5% sous l'effet d'une réduction des émissions de bruit d'environ 10 décibels pour les véhicules lourds et de 5 décibels pour les voitures particulières. Néanmoins, les technologies disponibles ne permettent pas à l'heure actuelle de réduire de 10 dBA les limites de bruit imposées aux véhicules commerciaux, même après élimination totale des bruits d'origine moteur (voir chapitre VI).

(v) Polluants provenant des carburants Diesel (composition et additifs)

35. Les carburants Diesel contiennent du soufre dont la teneur est directement liée à la qualité du pétrole brut utilisé et au traitement auquel ce "brut" est soumis en cours de raffinage. Cette teneur en soufre est en général relativement basse (inférieure à 0,5%), mais peut atteindre et même dépasser 1% pour les produits lourds après distillation. Les véhicules Diesel peuvent donc être à la base d'émissions d'oxydes de soufre et d'aérosols dont les taux dépendent de la qualité du carburant utilisé et de la composition de

l'air ambiant. Ces émissions présentent d'autant plus d'inconvénients pour la santé qu'elles sont le plus souvent associées dans l'atmosphère aux émissions de particules à l'échappement (7) dont il est question au paragraphe 28 ci-dessus.

36. En ce qui concerne les perspectives ouvertes par les carburants de remplacement (voir chapitre X ci-après), et en absence de toute évaluation précise, les alcools paraissent présenter certains avantages déterminants en terme d'émissions des diesels, dont ils diminuent les émissions de NOx et de fumées. Quant aux additifs proposés pour les carburants Diesel, certains produits à base de nitrates pourraient être à l'origine d'émissions toxiques. Mais, comme pour les carburants de remplacement, le problème des additifs nécessite des études ultérieures afin de pouvoir se prononcer avec plus de certitude. Enfin, et à l'inverse des essences utilisées pour l'alimentation des moteurs à allumage commandé, les carburants Diesel ne contiennent ni plomb ni derivés du plomb, tous produits toxiques dont la concentration dans l'atmosphère devrait donc diminuer en fonction du développement des véhicules Diesel.

VI - EFFICACITE DES TECHNOLOGIES SUSCEPTIBLES DE MAITRISER TOUT OU PARTIE DES PROBLEMES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SANTE

37. Les aspects négatifs des émissions de véhicules Diesel sur la santé, et plus généralement sur la qualité de vie des populations, s'exercent dans les quatre domaines suivants couvrant :

- Les émissions d'oxydes d'azote (NOx)
- Les émissions de particules
- Les fumées et les odeurs
- Le bruit.

Réduction des NOx

38. Les dispositions suivantes permettent de réduire sensiblement les émissions d'oxydes d'azote des diesels :

- Recirculation partielle des gaz d'échappement (EGR), procédé déjà mis au point pour les moteurs à allumage commandé et qui permet de diminuer les températures de combustion et par voie de conséquence les émissions de NOx, fonctions exponentielles de cette température. L'adaptation de l'EGR à la technique Diesel provoque généralement une légère augmentation de la consommation et des émissions de fumées, d'hydrocarbures imbrûlés et de particules, tout en se prêtant dans une certaine mesure à une usure mécanique prématurée.

- Retard à l'injection et réduction du débit des injecteurs déterminés par le calibre des aiguilles d'injection et le profil de came commandant la distribution de la pompe d'alimentation. Ainsi peuvent être encore réduites températures de combustion et

émissions de NOx, au prix d'une diminution du couple moteur et, à nouveau d'une augmentation de la consommation et des émissions de fumées. La figure 4 montre la complexité des phénomènes générés par un changement des caractéristiques du système d'injection (pompe et injecteurs) et la faible marge laissée au calage angulaire de l'injection de carburant pour en éviter l'impact négatif sur la consommation, les émissions de fumée et les pertes de couple.

- Un appauvrissement du mélange air/carburant associé à une réduction du phénomène de turbulence auquel ce mélange est soumis peut également engendrer une diminution des émissions de NOx sous l'effet d'une réduction des températures de combustion. Mais, là encore, le résultat obtenu l'est au prix d'une consommation accrue et parfois d'une augmentation des émissions d'hydrocarbures imbrûlés, conséquence de combustions incomplètes et de difficultés de démarrage à froid.

- Enfin, concernant les diesels équipés de turbocompresseurs, l'intervention d'un système de refroidissement en aval du turbo permet d'abaisser la température de l'air d'alimentation et de la combustion, mais en consentant une légère diminution du rendement thermodynamique.

39. Les considérations ci-dessus mettent en évidence les difficultés que présente la réduction simultanée des émissions de NOx, de fumées et de particules des moteurs Diesel sans pour autant sacrifier leur efficacité. En l'état présent des techniques disponibles, les constructeurs sont donc contraints de procéder à des compromis, et ce, dès les premiers stades de la conception des moteurs. Cette situation de compromis implique la poursuite d'études et d'évaluations complexes faisant appel à de nouvelles solutions technologiques nécessairement soumises à l'épreuve d'expérimentations pratiques en utilisation courante.

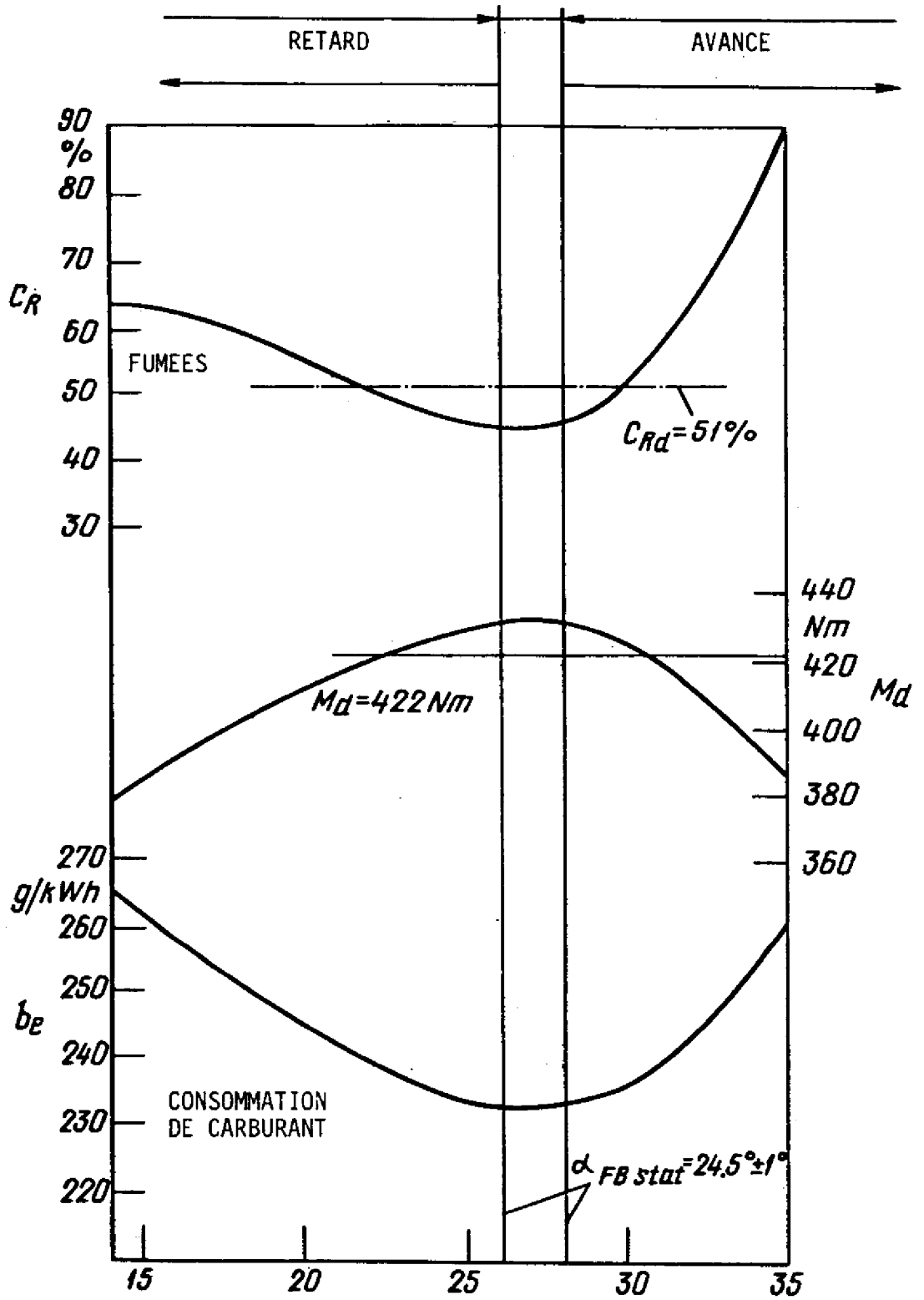
Réduction des émissions de particules

40. Nous avons vu que certains composants des gaz d'échappements des moteurs Diesel pourraient être cancérigènes. Leur élimination ou tout au moins leur réduction implique une identification précise de ces composants, opération malaisée en l'état actuel des connaissances, ainsi que la maîtrise des technologies susceptibles de leur être éventuellement opposeés. Il est généralement admis que la réduction des émissions de particules et de leurs composants organiques permet de limiter les risques cancérigènes sans pour autant les éliminer totalement dans la mesure où les émissions de particules ne sont peut-être pas les seules à véhiculer la totalité des substances cancérigènes des gaz d'échappement. Cette hypothèse ne saurait être sous-estimée dans l'évaluation des technologies pouvant concourir à la dépollution des moteurs Diesel.

41. En ce qui concerne la disponibilité et l'utilisation pratique des mesures technologiques envisageables, la commercialisation des pièges à particules, et plus particulièrement des pièges à oxydation, demeure incertaine à court terme. Ces pièges peuvent

FIGURE 4

EFFET DU CALAGE DE L'INJECTION SUR LES EMISSIONS DE FUMEES, LE COUPLE MOTEUR ET LA CONSOMMATION



C_R = opacité des gaz d'échappement mesurée en % d'absorption de lumière

b_e = consommation spécifique en g/Kwh

M_d = couple en Nm

$\alpha_{FB\ vot}$ (angle de calage)

Source: UN/ECE WP.29 - GRPE/R.36

CALAGE DE L'INJECTION

effectivement filtrer une fraction non négligeable des émissions de particules et des substances organiques qui leur sont associées, diminuant ainsi les risques cancérigènes qu'elles pourraient entraîner, mais le problème de leur saturation demeure encore à résoudre. Diverses mesures "préventives" opérant à la source même de ces émissions et capables d'en limiter la formation sont couramment expérimentées et soumises à évaluation. Parmi celles-ci, l'amélioration du phénomène de combustion et des paramètres qui le conditionnent, tels que la propagation de flammes, l'optimisation du mélange air/carburant, la réduction des pertes thermiques (progrès des conditions adiabatiques) et la composition des carburants Diesel, permettent également d'espérer une réduction des émissions potentiellement cancérigènes du diesel, tout en améliorant l'efficacité et l'endurance des pièges à particules dont les risques de saturation seraient ainsi écartés.

Réduction des fumées noires et des odeurs

42. En ce qui concerne tout particulièrement les véhicules commerciaux de moyens et gros tonnages et les véhicules de transport public équipés de diesel, le problème posé par les émissions de fumées mérite d'être traité avec une particulière attention. Au-delà de leur odeur désagréable et des risques que provoque leur opacité en matière de sécurité routière, les particules de carbone que comptent ces fumées servent de véhicules naturels aux éléments les plus toxiques de la famille des hydrocarbures. Par ailleurs, l'apparition de fumées noires à l'échappement implique une augmentation de consommation de carburant, tout comme l'émission de fumées bleutées témoigne pour tous types de moteur à explosion d'une consommation anormale de lubrifiant. L'expérience montre que l'augmentation de consommation de carburant et les émissions de fumées des diesels sont linéairement liées (voir figure 5). Ces dernières sont d'ailleurs réglementées dans divers pays depuis 1970. Mais pour que l'application des règlements existants soient suivie d'effets, il est impératif que les précautions suivantes, relevant du comportement même des utilisateurs de véhicules, soient strictement respectées :

- réglage du débit de la pompe et du calage angulaire de l'injection de carburant prévu par le constructeur ;

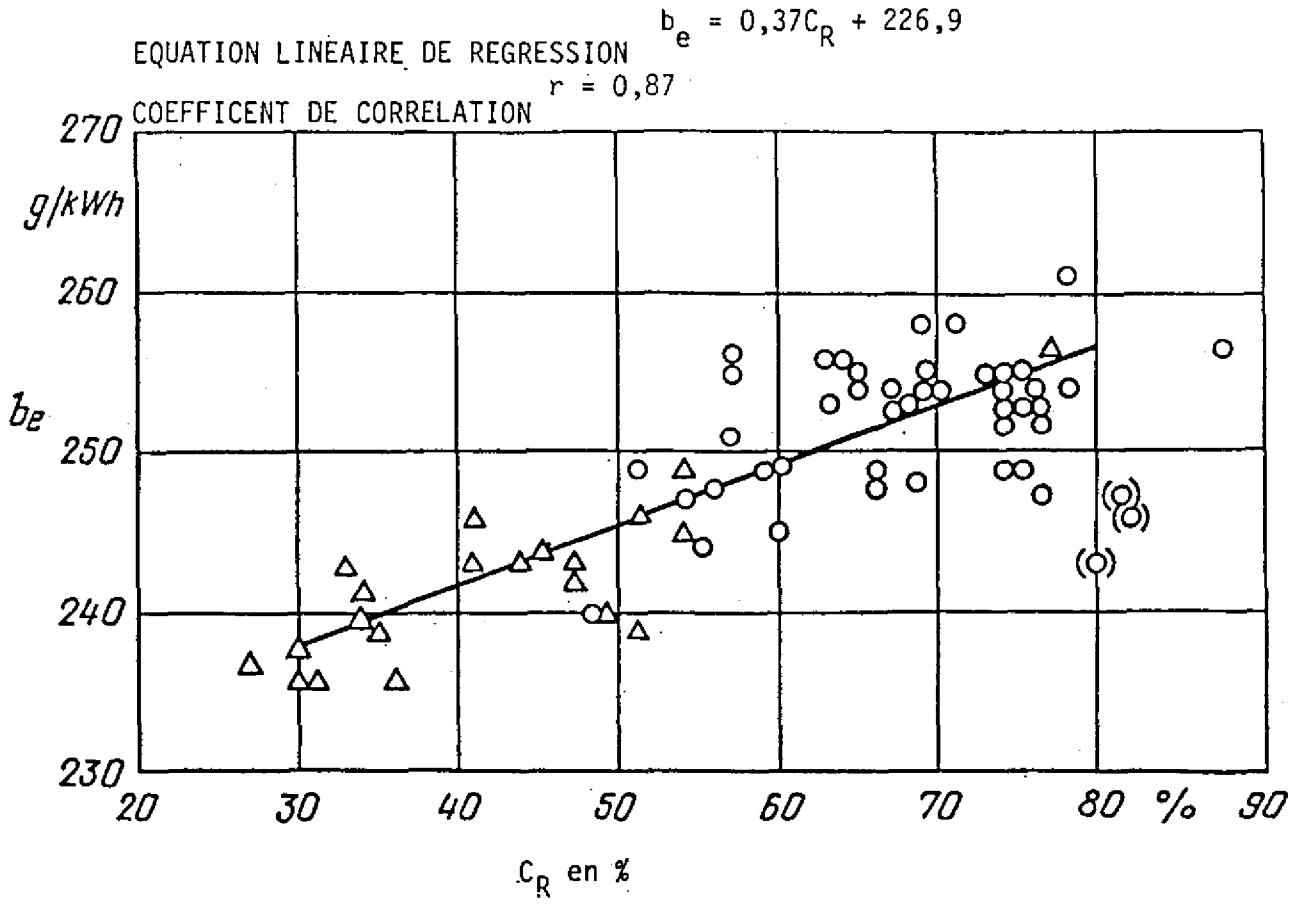
- utilisation d'un carburant Diesel aux caractéristiques appropriées au type de moteur considéré ;

- conditions de chargement interdisant toute surcharge, y compris en capacité de carburant.

Ces trois conditions soulignent l'importance que revêtent à la fois, quant au respect de l'environnement, les réglages moteur et les conditions d'utilisation des véhicules Diesel. A cet égard, et dans la mesure où les spécifications techniques fournies par les constructeurs aux usagers sont strictement respectées, comparés aux véhicules équipés de moteurs à allumage commandé, les véhicules Diesel résistent mieux aux facteurs de dégradation affectant avec le temps leur fiabilité, leur endurance et leurs performances en matière d'émission.

FIGURE 5

CORRELATION ENTRE LA CONSOMMATION DE CARBURANT ET L'OPACITE DES GAZ D'ECHAPPEMENT MESUREE SUR 68 MOTEURS IDENTIQUES (1968 - 1975)



o MOTEURS NON RODES

▲ MOTEURS RODES

(o) RESULTATS NON PRIS EN CONSIDERATION POUR L'ANALYSE DE LA REGRESSION (b_e ET C_R CORRESPONDANT AUX MOYENNES DES MESURES EFFECTUEES A QUATRE VITESSES DIFFERENTES)

b_e = Consommation spécifique en g/Kwh

C_R = Coefficient d'opacité des gaz d'échappement en % d'absorption de lumière

Source: UN/ECE WP.29-GRPE/R 35

43. Bien que moins exigeants que les moteurs à allumage commandé, les moteurs Diesel sont conçus pour n'être alimentés que par des carburants dont certaines spécifications doivent être impérativement respectées. L'introduction d'eau, de poussières ou de boues dans les carburants peut survenir accidentellement lors de leur transport, leur manipulation ou leur stockage. Ce type de contamination, malheureusement fréquent dans les pays en développement, peut s'accompagner d'altération intentionnelle de la qualité des carburants par mélange avec des fuels lourds, sources de combustion incomplète suivie d'émissions de fumée noire et d'hydrocarbures imbrûlés. De telles conditions de fonctionnement moteur augmentent évidemment la fréquence des interventions en entretien et réparations. Dans bien des pays, les spécifications techniques des carburants sont strictement respectées tant au niveau du raffinage que de la distribution, et officiellement contrôlées par les administrations concernées. De telles précautions n'existent malheureusement pas partout - et, par souci d'économies ou en raison de l'insuffisance du ravitaillement, les carburants Diesel sont souvent altérés par mélange à des fuels de prix ou de prélèvements fiscaux inférieurs. Ces errements, conséquence d'un contexte socio-économique difficile, nécessitent l'intervention de l'industrie de raffinage et des gouvernements eux-mêmes.

44. Les diesels sont conçus pour fonctionner dans une gamme de "charges moteur" bien définie. Dans des conditions de surcharge, le moteur Diesel émet des imbrûlés sous forme de fumées noires. L'interdiction de ne pas dépasser la charge maximale des véhicules Diesel prévue par les constructeurs n'est pas partout imposée. C'est pourquoi en l'absence d'une réglementation prévue à cet effet, dans certains pays, nombre de véhicules commerciaux et de transport en commun fonctionnent couramment en état de surcharge et émettent en conséquence un niveau inacceptable de fumées. Au-delà de son aspect réglementaire, ce problème répond à nouveau et dans bien des cas à des conditions socio-économiques défavorables dans la mesure où la surcharge courante des véhicules tend, au niveau de l'usager, à compenser l'incapacité des moyens de transports disponibles à répondre à la demande.

45. En ce qui concerne les odeurs caractéristiques des gaz d'échappement des diesels, leur réduction est étroitement liée à toute mesure permettant une fois encore de se prévenir contre les combustions incomplètes (configuration de la culasse et des injecteurs). L'utilisation de sorties d'échappement verticales permet en outre de diffuser en hauteur les gaz émis et d'en protéger ainsi les autres usagers de la route. Le remplacement de l'équipement d'injection et des filtres peut enfin dans certains cas d'usure et de saturation contribuer à l'élimination des odeurs d'échappement.

46. Les modifications apportées à la composition même des carburants ont en général peu d'effets sur l'odeur caractéristique des émissions Diesel. Il en est de même des additifs chimiques. Ceux-ci ne peuvent en général que substituer à l'odeur générique des émissions Diesel celle qui résulte de leur propre participation au phénomène de combustion. Leur effet ne peut donc être que passager

et ne répondre que temporairement aux exigences olfactives du public. Par ailleurs, l'impact potentiel de ces additifs sur la santé reste imprécis. Ceux-ci réapparaissent en effet de manière aléatoire au niveau des émissions, c'est-à-dire tantôt en conservant leur identification chimique d'origine, tantôt après altération de leurs composants sous l'effet de la combustion air/carburant.

47. Enfin, l'utilisation de carburants de rechange peut avoir une incidence sur les odeurs d'échappement des diesels. A titre d'exemple, le méthanol, produit par distillation des végétaux et du charbon, carburant susceptible d'alimenter dans l'avenir certaines évolutions prévisibles du moteur Diesel (diesel à combustion assistée par allumage commandé), tend à accroître les émissions d'aldéhydes et par voie de conséquence à modifier, voire à augmenter les odeurs d'échappement. Le recours au convertisseur catalytique pourrait éventuellement résoudre ce problème particulier par conversion des aldéhydes en composants moins odorants.

Réduction des oxydes de soufre

48. Directement liées à la teneur en soufre des carburants Diesel, les émissions d'oxydes de soufre, dont on connaît l'importante contribution à la pollution de l'air ambiant, ne peuvent être réduites que par utilisation de produits distillés à faible concentration de soufre. Cette condition ne pose pratiquement aucun problème dans les pays industrialisés, où les raffineurs s'approvisionnent aisément en produits bruts à basse teneur en soufre, ou peuvent facilement procéder à la désulfurisation partielle des produits distillés. Ainsi, dans les pays développés, la concentration en soufre des carburants Diesel, qui est d'ailleurs soumise à réglementation, excède-t-elle rarement 0,3%. Par contre, les pays en développement ont rarement accès aux carburants Diesel à basse teneur en soufre. Rares sont ceux qui, à l'exemple de Singapour, où la teneur en soufre ne peut légalement excéder 0,5%, sont en mesure de s'approvisionner en carburant Diesel de caractéristique équivalente. En général, l'examen de la distribution et de la consommation mondiale en pétrole brut confirme en effet que par manque de moyens les pays les plus pauvres reçoivent en général les pétroles bruts de qualité inférieure et dont la concentration en soufre est la plus élevée. Il convient enfin de savoir que l'utilisation de convertisseurs catalytiques destinés à réduire les émissions de CO et de HC se traduit en fait par la formation d'acide sulfurique, produit paradoxalement plus toxique que ceux que le catalyseur tente d'éliminer.

Réduction du bruit

49. La réduction du bruit des moteurs Diesel fait l'objet d'efforts constants tant en ce qui concerne les bruits émis à la source (bruits d'échappement et bruits mécaniques) que les bruits de radiation au niveau du véhicule. L'utilisation de l'injection indirecte (préchambre) et, dans une certaine mesure, un léger "retard" apporté au calage de l'injection contribuent à rendre plus progressif le processus de combustion. Cette approche implique en

contrepartie une certaine diminution du rendement énergétique du moteur souvent associée à une augmentation des émissions de fumée.

50. Par ailleurs, toute une série de mesures d'ordre technique, telles que la réduction du débit des injecteurs, la diminution des taux de compression liée à l'utilisation du turbocompresseur, le renforcement de la rigidité de l'ensemble moteur par nervurage du bloc cylindre et amortissement des masses vibratoires, sont susceptibles de diminuer le bruit à la source et les radiations d'énergie acoustique des diesels. L'isolement acoustique de certaines pièces moteur (pompe à injection, carter moteur et cache-culbuteurs) renforce l'efficacité de ces mesures et ouvre la voie à des solutions prometteuses en matière de lutte contre les bruits de fonctionnement des diesels. Concernant plus particulièrement les véhicules commerciaux de gros tonnages et de transport public, les radiations acoustiques sont aujourd'hui de plus en plus traitées par capotage du groupe moto-propulseur et de la transmission. Cette technique, qui permet d'atténuer les vibrations mécaniques, présente un certain nombre de difficultés touchant à l'efficacité du circuit de refroidissement, au maintien des performances moteur et à l'accès des pièces à traiter au niveau de l'entretien et des réparations. Les études en cours permettent néanmoins d'espérer à moyen terme une réduction de 5 à 8 dBA des limites de bruit actuellement imposées par l'ensemble des réglementations en cours d'application au stade de l'homologation des véhicules.

VII - AVANTAGES DU DIESEL AU PLAN DE LA SECURITE ROUTIERE

51. Le carburant Diesel est moins inflammable que l'essence et réduit ainsi les risques d'incendie ou d'explosion lors des collisions routières provoquant des déchirures de réservoir de carburant. Cet avantage appréciable est cependant appelé à s'atténuer au fur et à mesure que devient plus sévère la réglementation relative à la structure et à l'emplacement de ces réservoirs sur le véhicule.

52. Au niveau de la protection des occupants, les voitures particulières équipées de moteur Diesel, bien que légèrement plus lourdes, ne présentent aucun avantage particulier sur les voitures à moteur à essence puisque les mêmes règlements de sécurité leur sont appliqués. On peut néanmoins penser qu'en optant pour la formule diesel certains usagers souhaitent acquérir un véhicule de dimension et de poids supérieurs sans augmenter pour autant leurs dépenses de carburant. Ce choix contribue dans une certaine mesure à diminuer la gravité des accidents corporels en cas de collision.

VIII - ASPECTS DE LA REGLEMENTATION

53. Les pays qui désirent se familiariser avec les dispositions législatives concernant la réduction et le contrôle des émissions et du bruit des véhicules doivent prendre nécessairement connaissance des réglementations existantes telles qu'elles sont définies et appliquées en Europe, au Japon et aux Etats-Unis. Ces réglementations sont respectivement publiées par la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (CEE/NU), le Ministère des Transports Japonais (Département des véhicules à moteur) (12) et le Federal Register des Etats-Unis (13). Les dispositions légales concernant l'homologation des nouveaux véhicules et les véhicules en service sont traitées séparément.

Homologation des nouveaux véhicules (approbation du type de véhicule)

54. Parmi les polluants relevant de la réduction et du contrôle officiel des émissions, les CO, HC, et NOx rentrent à la fois dans les réglementations européennes, japonaises, nord américaines et australiennes appliquées à l'homologation des nouveaux véhicules. A ces trois polluants chimiques s'ajoutent les émissions de fumées à l'échappement des véhicules Diesel, qui sont également réglementées. Incidemment, le Règlement 15 de la CEE/NU ne traite pour l'instant les NOx qu'en les associant aux HC (HC + NOx). Enfin, les législations du Japon et des Etats-Unis réglementent également les particules émises par les véhicules Diesel. En ce qui concerne les méthodes de mesure incluant l'échantillonnage des gaz émis, les procédures d'analyse et leur instrumentation, tous éléments laissés au choix de chaque pays, l'effort d'harmonisation entrepris depuis plusieurs années se poursuit progressivement. Par contre, les procédures d'essais, et entre autres les "cycles d'essais" inclus dans les règlements appliqués en Europe, au Japon et aux Etats-Unis, diffèrent sensiblement à l'exception de la procédure de contrôle des émissions de fumées, dont les procédures d'essais et les méthodes de mesures, fondées sur l'opacité de ces fumées mesurée en terme d'absorption lumineuse au moyen d'opacimètres, sont communes à toutes les réglementations. Le Règlement 24 de la CEE/NU les définit avec précision en même temps qu'il spécifie les procédures d'étalonnage des opacimètres utilisés (11). Les "cycles d'essais" qui prescrivent la façon dont le moteur des véhicules doit fonctionner au banc dynamométrique pour en mesurer les émissions ont été originellement définis en fonction des conditions de circulation prévalant en zone urbaine. Cependant, le "cycle d'essais" adopté par l'administration fédérale des Etats-Unis comporte à la fois des séquences à vitesses relativement élevées et des séquences à vitesses rapidement variables, reflétant respectivement les conditions de conduite sur autoroutes urbaines et à l'intérieur même des villes à circulation dense. A l'opposé, les "cycles d'essais" retenus en Europe et au Japon ne matérialisent que les conditions de conduite intra muros, c'est-à-dire au sein même des villes de structures le plus souvent anciennes, comportant de nombreux croisements générateurs de circulation à la fois dense et fréquemment

interrompue. De récents efforts d'harmonisation relative à ces différents cycles d'essais n'ont abouti qu'à des résultats limités. C'est ainsi que la CEE/NU a récemment adopté, pour son Règlement 49 appliqué à l'homologation des véhicules commerciaux équipés de moteur Diesel, un cycle de conception voisine du cycle fédéral américain à 13 modes. Il est enfin essentiel d'avoir à l'esprit que l'homologation des nouveaux véhicules en matière d'émissions requiert la mise en oeuvre d'une infrastructure de laboratoire à la fois complexe et coûteuse, dont l'équipement ne peut être mis en oeuvre que par des techniciens hautement qualifiés et spécialisés.

55. Concernant les émissions de bruit, les limites prescrites couvrent en Europe et au Japon toutes les catégories de véhicules à moteur. Ces limites sont actuellement fixées à 80 et 81 dBA pour les voitures particulières, 86 à 88 dBA pour les véhicules commerciaux de gros tonnages et de 82 à 91 dBA pour les véhicules de transport public. Au Japon, les limites réglementaires d'énergie acoustiques ne comportent aucune tolérance alors qu'en Europe ces limites ne sont exigées qu'à un dBA près au niveau de la production. Aux Etats-Unis, seuls les véhicules commerciaux sont soumis à réglementation. Les règlements appliqués aux nouveaux véhicules en matière de bruit comportent tous la même procédure d'essais en phase de "pleine accélération" [méthodes prescrites par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) et par la Société des Ingénieurs de l'Automobile (SAE)]. Ces règlements ne diffèrent que par quelques aménagements de détail tels que la vitesse d'entrée dans la zone affectée à la mesure du bruit et la position des microphones. Bien que plus bruyants que les véhicules équipés de moteurs à allumage commandé, on notera que les véhicules Diesel sont soumis aux même limites de bruit que ces derniers.

Véhicules en service

56. Les divers programmes d'inspection technique couramment adoptés et en application en Europe, au Japon et aux Etats-Unis, permettent mieux que toute autre intervention de contrôler la façon dont sont conduites les opérations d'entretien et de réparation des parcs automobiles, dont le document "Aspects environnementaux des véhicules automobiles et de leur usage" élaboré par le PNUE (1) rappelle les règles essentielles et l'incidence sur la protection de l'environnement, les économies d'énergie et la sécurité routière.

57. En Europe, ces programmes d'inspection technique diffèrent d'un pays à l'autre. Leur éventail s'étend du simple diagnostic carburation/allumage, dont l'intervention est laissée au choix de l'usager, et du contrôle du bruit et des émissions de fumée par la police routière à des tests plus complets effectués au cours d'inspections périodiques et obligatoires. Ces dernières, conduites dans des centres d'essais officiels ou des garages agréés, comprennent une série bien définie d'opérations de contrôle

appliquées aux équipements essentiels de sécurité du véhicule et de mesure d'émissions de CO et de HC au ralenti pour les véhicules à moteur à allumage commandé, ou de fumées pour les véhicules Diesel. Si les contraintes de l'inspection technique tendent à réduire les émissions de fumées des moteurs Diesel, l'expérience démontre que les émissions des véhicules à essence ayant plus de 5 ans d'âge ou ayant parcouru plus de 80.000 km sont pratiquement diminuées de moitié quand leur entretien a été effectué régulièrement et convenablement depuis leur sortie d'usine. La CEE/NU est actuellement en train d'élaborer une procédure d'inspection des véhicules en service qui devrait aboutir à harmoniser les mesures déjà adoptées dans divers pays d'Europe en complétant en même temps ses propres règlements de recommandations permettant de lier les programmes d'inspection des véhicules en service aux critères d'homologation des véhicules neufs.

58. Au Japon, les usagers sont tenus de présenter tous les deux ans leur véhicule au Ministère des Transports pour que puisse être renouvelée la période de validité de leur certificat d'inspection technique.

59. Aux Etats-Unis, un réseau d'inspection technique administrativement connu sous le vocable "Inspection and Maintenance (I/M) Programme" a été mis en place au sein de certains Etats (Arizona, New Jersey, Oregon, etc.) afin de mesurer périodiquement et au régime de ralenti les émissions de CO et de HC des véhicules à moteur à allumage commandé. Cette initiative, également prise dans certains pays européens, s'est avérée pratiquement valable dans la mesure où elle permet d'identifier les véhicules les plus polluants et nécessitant de ce fait l'intervention de services d'entretien pour le réglage de la carburation et de l'allumage. Pareille procédure n'existe encore pas pour l'inspection des véhicules Diesel en ce qui concerne la mesure des NOx et des particules - alors que la diffusion de ce type de véhicule s'accroît progressivement dans le parc automobile nord américain.

60. Bien que quelques pays en développement aient établi sur leur territoire un réseau d'inspection technique d'efficacité d'ailleurs inégale, le champ d'exploration de ces inspections se limite en général aux problèmes de sécurité routière du véhicule (contrôle des freins, de la direction et de l'état des pneumatiques) et ne s'étend qu'exceptionnellement au contrôle des performances en matière d'environnement (limites d'émissions polluantes et de bruit). Parmi ces exceptions, Hong Kong et Singapour poursuivent juridiquement les propriétaires de véhicules identifiés par la police pour excès de bruit et d'émissions de fumées noires, alors que la ville de Mexico, tout comme Hong Kong et Singapour, a adopté un système d'inspection de type "volontaire" couvrant le bruit, l'opacité des émissions visibles le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrûlés.

IX - PERSPECTIVES D'EVOLUTION TECHNIQUE DU MOTEUR DIESEL

61. A ses débuts, le moteur Diesel, handicapé par son poids et la plage étroite de ses régimes d'utilisation, ne trouvait son emploi que comme source de puissance des installations fixes et des véhicules lourds. L'élargissement de son éventail d'utilisation répond à son évolution technique marquée par l'adoption croissante de l'injection directe, particulièrement efficace en matière de consommation de carburant. Ce système d'alimentation, qui s'implante d'ailleurs progressivement dans les diesels équipant les voitures particulières, présente l'inconvénient d'augmenter les émissions de NOx et de particules. Mais, comparé aux caractéristiques des moteurs à injection indirecte (préchambre), l'apport de l'injection directe, qui permet simultanément de diminuer la consommation, de réduire les émissions de CO et de s'adapter à la propulsion des véhicules légers, l'emporte indiscutablement. En tout état de cause, cette évolution technologique, associée à l'amélioration des performances du moteur Diesel (comportement "en charge", réduction du temps de réponse aux impulsions de l'accélérateur, etc.), a ouvert la voie au développement et à l'utilisation des turbocompresseurs. Selon les résultats d'expérimentations conduites en République Fédérale d'Allemagne, en France et aux Etats-Unis au cours des quinze années écoulées les gains en consommation et l'augmentation des vitesses moyennes sur route des véhicules commerciaux lourds (38 T-PTC) équipés de moteurs Diesel ont progressé d'environ 20%. Au cours des huit dernières années seulement, ces pourcentages ont atteint respectivement 12 et 3,5% pour les véhicules de 32 T-PTC. Ces progrès sont à porter également au crédit de tout un ensemble de facteurs incluant entre autres une réduction de la consommation spécifique des moteurs ramenée à quelque 200 g/KW/h, la diversification progressive des rapports de transmission (12 à 16 rapports différents), l'adoption de pneumatiques à carcasses radiales et la diminution de la traînée aérodynamique (14). A noter la tendance différente observée à cet égard aux Etats-Unis, où les rapports de transmissions des véhicules gros porteurs sont en nombre inférieurs mais associés à des couples moteur élevés et à des vitesses maximales réduites.

62. Bien qu'il soit malaisé d'identifier l'ensemble des domaines où l'évolution technologique du diesel est appelée à poursuivre son évolution, les progrès attendus de la métallurgie permettent d'entrevoir l'introduction d'alliages légers comme matériaux de base intéressant la structure des moteurs et certains de leurs composants. Cette évolution devrait se traduire par un gain de poids et une nette amélioration des échanges thermiques et des montées en température après départ à froid. Par ailleurs, une certaine standardisation des équipements moteur devrait à l'avenir simplifier les opérations d'entretien et de réparation.

Les problèmes de combustion et de suralimentation sont traités ci-après de façon plus détaillée.

Amélioration de la combustion du mélange air/carburant

63. L'adoption d'une préchambre de combustion (injection indirecte), génératrice de souplesse et de silence du fonctionnement moteur, est aujourd'hui d'usage courant dans la catégorie des véhicules légers (voitures particulières et dérivés). Cette préchambre se présente sous la forme d'une petite cavité de forme généralement sphérique, creusée dans la culasse ou dans la tête du piston. C'est à l'intérieur de son volume, relié par un étroit canal à la chambre principale de combustion, qu'est injecté le carburant, sous forme atomisée.

64. La conception et la disposition de cette préchambre font l'objet de plusieurs brevets qui visent à l'optimisation des conditions de fonctionnement des injecteurs et de l'ensemble alimentation/échappement. La préchambre, à l'intérieur de laquelle les mouvements du piston engendrent de fortes turbulences, facilite la combustion du mélange air/carburant. Elle permet en outre de "filtrer" les fortes charges exercées sur le piston, sous l'effet de la transmission progressive des pressions initiales de combustion, de la préchambre à la chambre principale. Le moteur Diesel à injection indirecte n'exige en général ni injecteurs très élaborés, ni pressions d'injection élevées, ni carburants à haut indice de cétane. Par contre, sa combustion demeure incomplète et certaines pertes thermiques et par friction relevées dans le canal reliant la préchambre à la chambre principale provoquent une certaine régression de son rendement thermodynamique.

65. La technique de l'injection directe, de conception plus simple, et qui s'applique à une culasse et une chambre de combustion semblables à celles d'un moteur à allumage commandé, ne présente aucun de ces inconvénients, mais pose cependant plus de problèmes en matière de bruit et d'émissions.

66. L'injection directe présente l'avantage incontestable d'une moindre consommation de carburant. Elle implique néanmoins certaines précautions de conception relatives à la précision ou mieux encore à l'absence de retard à l'allumage du mélange air/carburant. Ce retard, qui provoque successivement une accumulation excessive de carburant et une explosion, ou plus précisément une "détonation" anormale, se traduit par une vague de pressions successives soumettant la structure et les composants du moteur à des contraintes vibratoires défavorables à leur tenue et à leur endurance. Si ce phénomène peut être exceptionnellement toléré s'agissant de diesels de forte cylindrée et de régime relativement lent, il s'avère être totalement inacceptable pour des moteurs de faible cylindrée et donc de structure plus légère. Les progrès techniques en cours d'études, de développement ou d'expérimentation couvrent aujourd'hui, et pour l'essentiel, l'alimentation moteur, la géométrie de la culasse, associée aux phénomènes de turbulences, l'introduction des céramiques appliquées au revêtement des chambres de combustion et aux conditions adiabatiques de fonctionnement du cycle de transformation énergétique du moteur, l'utilisation de taux de compression très élevés, le diesel à combustion assisté par allumage commandé et les carburants de remplacement. L'ensemble de

ces travaux permettent de penser que les inconvénients des diesels à injection directe seront progressivement surmontés, tout en améliorant encore leur rendement, favorisant ainsi leur promotion dans toute la gamme des véhicules routiers. Pour ce faire, l'appoint apporté par l'introduction de l'électronique, capable de piloter l'injection en fonction des différents paramètres liés aux conditions de fonctionnement du moteur, représente désormais un élément décisif dans l'approche des moyens concourants à l'optimisation du diesel.

Dispositifs de suralimentation

67. La suralimentation du moteur Diesel appliquée à l'air du mélange comburant apporte simultanément puissance et rendement thermodynamique accrus, diminution de la consommation spécifique et, dans la plupart des cas, réduction du temps de réponse de l'accélérateur, avantage apprécié des conducteurs et facteur important de sécurité routière.

68. Parmi les différents systèmes de suralimentation, certains - et c'est le cas du compresseur volumétrique directement branché sur le vilebrequin - fonctionnent avec efficacité à tous les régimes moteur, régime de ralenti compris, sans toutefois récupérer l'énergie perdue par les gaz d'échappement.

69. A l'opposé, la suralimentation par turbocompresseur n'opère qu'à des régimes moteur élevés, où un supplément de puissance est souhaité. Pour être efficace, l'inertie du turbocompresseur nécessite un débit élevé des gaz d'échappement tel qu'il ne peut être atteint aux bas régimes moteur. L'installation d'un second turbocompresseur d'inertie minimale permet éventuellement de remédier à ce défaut et d'obtenir une certaine surpuissance aux bas régimes. Il s'agit là d'une solution technologique complexe où les conditions d'intervention des deux compresseurs et le système de distribution du débit des gaz d'échappement à chacun d'eux nécessitent un contrôle très précis. La physique des fluides, la mécanique de précision, et plus encore les développements continus de l'électronique et de ses applications peuvent apporter une aide efficace à la solution de ces problèmes. Il convient néanmoins de considérer que les progrès scientifiques de toute nature ne peuvent être adoptés et concrètement mis en oeuvre que dans la mesure où, au stade industriel, leur coefficient coût/efficacité demeure acceptable pour une production de grande série. Par ailleurs, certaines adaptations de la turbocompression aux moteurs à allumage commandé utilisés en compétition peuvent ouvrir la voie à des applications valables dans le domaine du diesel. Ces applications ultérieurement associées au progrès des techniques adiabatiques permettront sans doute de récupérer l'ensemble des pertes thermiques inhérentes aux moteurs de technique conventionnelle, et en particulier à leur dispositif de refroidissement.

Impact sur l'environnement de l'évolution technologique du diesel

70. En dépit des progrès présents et à venir du moteur à allumage commandé, l'évolution favorable et prévisible du moteur Diesel est appelée à rendre ce dernier plus attractif en tant qu'élément propulseur des véhicules routiers. Il convient néanmoins d'avoir à l'esprit qu'à l'heure actuelle les dispositions techniques d'ordre réglementaire concernant la protection de l'environnement et la sécurité influencent considérablement la conception des véhicules. L'application de certaines contraintes dans un domaine donné peut en effet parfois limiter, sinon éliminer, les progrès susceptibles d'être apportés dans un domaine différent. A titre d'exemple, et comme nous l'avons déjà noté, l'injection directe appliquée au moteur Diesel rend celui-ci plus performant mais aussi moins silencieux que s'il était équipé d'une préchambre de combustion (injection indirecte). De même, un moteur de structure allégée, ou dont les matériaux de base accélèrent favorablement les échanges thermiques, est aussi plus bruyant. On constate également qu'un moteur de caractéristiques données dont on augmente sensiblement la puissance a tendance à devenir plus polluant.

71. Les constructeurs sont donc amenés dans bien des cas à adopter des solutions techniques de compromis. Celles-ci, qui par ailleurs doivent répondre à des critères impératifs de rentabilité, sont donc susceptibles de retarder et parfois d'éliminer l'adoption de solutions plus attractives au plan purement technique. En matière technologique, l'esprit d'innovation devrait permettre de surmonter peu à peu certaines contraintes liées aux compromis imposés aux constructeurs.

X - CARBURANTS DE REMPLACEMENT - EVOLUTION

72. Au cours de la dernière décennie, l'augmentation des prix du pétrole et ses répercussions sur l'ensemble de l'approvisionnement pétrolier ont provoqué une crise mondiale qui a tout naturellement donné un regain d'intérêt pour les carburants automobiles de remplacement. Ceux-ci, et tout spécialement les carburants liquides nécessaires au fonctionnement des moteurs à combustion interne, répondent tout à la fois aux besoins des régions industrialisées et des pays en développement, leur choix demeurant étroitement dépendant de l'implantation géographique et des conditions d'approvisionnement de chaque pays. En 1976, 51% de la consommation d'énergie des pays industrialisés étaient d'origine pétrolière, ce pourcentage atteignant quelque 67% pour les pays en développement, où la demande en carburant Diesel et en produits moyens de distillation augmente plus rapidement que la demande en essence. Par ailleurs, près de la moitié de la consommation pétrolière peut être remplacée par d'autres sources d'énergie non liquides dans certains secteurs d'activité tels que la production d'électricité. Par contre, il n'existe aucune solution de remplacement des carburants liquides ou gazeux nécessaires à l'activité des moyens de transport

routiers. Ces carburants proviennent d'origine aussi diverses que le charbon, les schistes bitumineux, le gaz naturel, l'uranium et la biomasse. S'il est en tout cas possible d'utiliser l'essence et le fuel synthétiques, la plupart des experts estiment que l'alcool pourrait être le carburant le mieux placé pour se substituer progressivement sous forme d'éthanol et de méthanol aux carburants d'origine pétrolière au cours des vingt prochaines années et peut-être au-delà. L'introduction des carburants de remplacement est évidemment soumise aux conditions de marché. Elle dépend néanmoins pour l'essentiel de l'attitude volontariste des gouvernements en faveur de l'utilisation de ces carburants quand ceux-ci peuvent être produits dans des conditions économiques acceptables et sans créer de déséquilibres majeurs dans la structure de l'approvisionnement des carburants, comme ce fut le cas dans certains pays où une politique du "tout alcool" fut inconsidérément mise en oeuvre.

Utilisation des carburants de remplacement

73. Il est aujourd'hui certain - et toutes les études le confirment - que le moteur à combustion interne, qu'il s'agisse de moteurs Diesel ou à allumage commandé, demeurera pratiquement le type unique de propulseur des véhicules automobiles jusqu'au terme du siècle présent en raison de sa remarquable évolution technologique et de sa souplesse d'adaptation. Ce moteur peut être aisément alimenté en alcool (éthanol-méthanol) mélangé à l'essence ou au carburant Diesel, ou en alcool pur après modifications relativement importantes du moteur (réglage et anti-corrosion).

74. L'éthanol ou le méthanol (ce dernier associé à un produit émulsif) peuvent être mélangés aux carburants Diesel. Ce mélange demeure cependant instable, tout particulièrement en présence d'eau ou d'humidité ambiante - un mélange à 30% d'alcool entraîne de fait un phénomène de séparation de phase qui rend en tout état de cause les démarrages à froid difficiles et peut endommager progressivement les injecteurs. Le faible indice de cétane de l'alcool aggrave d'ailleurs ce phénomène que de récentes recherches tentent aujourd'hui de surmonter. C'est ainsi que le système dit d'injection dédoublée permet à l'allumage préalable d'une injection de carburant Diesel à l'état pur d'amorcer et de piloter l'allumage du carburant mélangé à l'alcool et séparément injecté. Ce système, trop complexe et trop coûteux pour être utilisé sur les diesels de faible puissance, devrait pouvoir s'adapter à certaines installations fixes, voire aux véhicules commerciaux de gros tonnage.

75. C'est cependant une récente évolution du diesel, dont la phase de combustion est assistée par un allumage commandé, qui paraît aujourd'hui devoir résoudre au mieux les problèmes posés par l'utilisation de l'alcool en tant que carburant de remplacement. Une telle version du diesel fonctionnant au méthanol, developpée par M.A.N. et équipant un autobus affecté aux transports en commun de Berlin, a fait la preuve d'excellentes performances tant en ce qui concerne la consommation de carburant que les émissions de NOx et de fumées ou l'aptitude aux démarrages à froid. Ces résultats permettent

de penser que cette évolution du diesel (à combustion assistée par allumage commandé et alimenté au méthanol) pourrait devenir au cours de la prochaine décennie la technologie moteur dominante, dans la mesure où elle paraît dès maintenant répondre mieux que toute autre et simultanément aux exigences de la protection de l'environnement et aux économies d'énergie. Il va sans dire que cette perspective implique une protection efficace du circuit d'alimentation et d'échappement contre l'effet corrosif du méthanol.

76. En dehors de l'alcool, certaines huiles végétales (palme, cocotier, soja et tournesol) ont fait l'object d'expérimentations en tant que carburants Diesel de remplacement. Ces huiles à l'indice de cétane relativement élevé assurent un fonctionnement moteur satisfaisant lorsque leur concentration n'excède pas 30%. Elles nécessitent cependant de fréquentes opérations d'entretien, et leur viscosité combinée à leur faible volatilité peut provoquer l'engorgement rapide des filtres du circuit d'alimentation et, au niveau du moteur, le "gommage" des segments. Ces expériences se poursuivent aux Philippines avec des concentrations d'huiles végétales allant de 5 à 30%, et au Brésil, où l'utilisation des huiles de soja et de palmes pourra dès 1986 réduire d'environ 1,5% la consommation du carburant Diesel d'origine pétrolière.

Additifs aux carburants Diesel

77. A l'exception des carburants de remplacement à base de paraffines, le recours à certains additifs permet d'augmenter l'indice de cétane et donc de faciliter l'allumage du mélange air/carburant et de diminuer les émissions de fumée et de bruit (voir figure 6). Les familles des nitrates d'aldéhydes, nitrates d'amyle, d'éthyle, cyclohexanol et l'aniline remplissent généralement ce rôle. Les quantités élevées d'additifs auxquelles il convient d'avoir recours pour faciliter l'allumage des diesels ne peuvent qu'augmenter l'intérêt des développements en cours concernant le diesel à combustion assisté par allumage commandé.

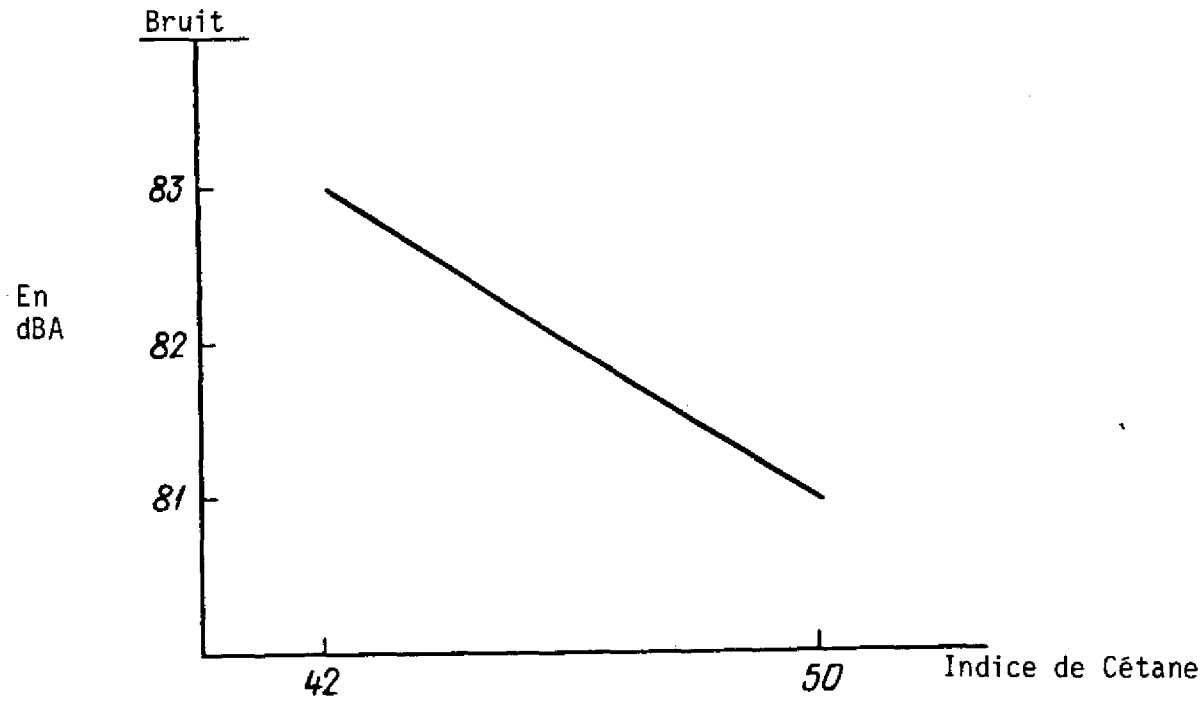
78. Les additifs permettant de réduire les émissions de fumée sont répartis en deux types de produits. Le premier comprend des détergents et anti-oxydants dont l'action décapante s'oppose au gommage et à l'encrassement des injecteurs. Le second regroupe des composés organiques à base de calcium ou de barium particulièrement efficaces contre la formation des émissions de fumées au niveau de la combustion, mais provoquant néanmoins l'apparition de quelques rejets de particules métalliques.

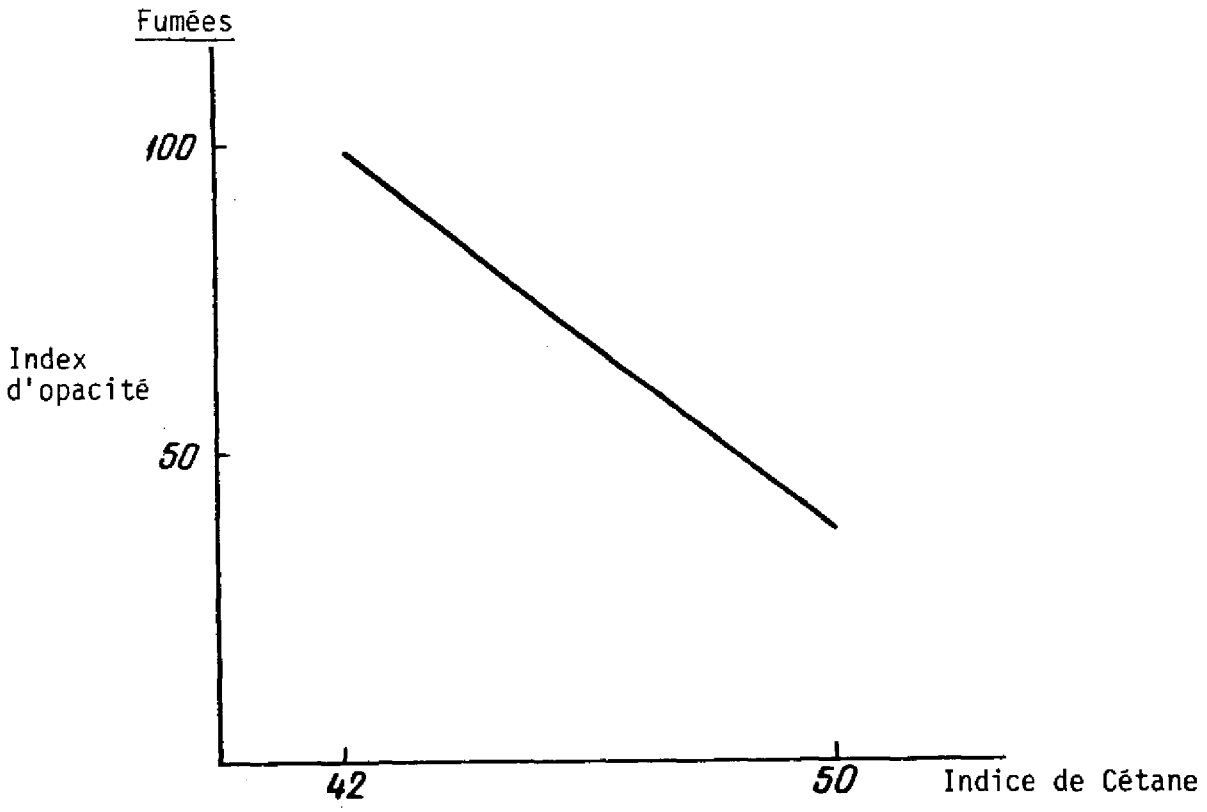
XI - RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA MISE EN OEUVRE DES VEHICULES DIESEL

79. Le strict respect des prescriptions et spécifications d'usage et d'entretien établies par les constructeurs conditionne essentiellement le maintien des performances des véhicules, qu'il s'agisse de leur fonctionnement courant, de leur fiabilité, ou de leurs caractéristiques en matière d'économie de carburant et de respect de

FIGURE 6

CORRELATION ENTRE L'INDICE DE CETANE, LE BRUIT ET L'OPACITE DES GAZ D'ECHAPPEMENT





Source : Institut Français de Recherche des Transports (IRT)

l'environnement (émissions polluantes et bruit). En dépit des caractéristiques techniques qui personnalisent chaque type de véhicule, les recommandations qui suivent s'appliquent à l'ensemble des véhicules Diesel en ce qui concerne le problème essentiel de leur mise en oeuvre, qui d'ailleurs diffère de celle des véhicules équipés de moteurs à allumage commandé.

A. Conditions particulières d'utilisation

(i) Réchauffage du mélange air/carburant

80. L'allumage et la combustion du carburant injecté sous forme atomisée ne s'opèrent qu'à partir d'une certain température du mélange air/carburant. Le niveau de cette température dépend à la fois de la température extérieure, de la structure de la chambre de combustion et du type d'injection adopté (injection directe ou indirecte). Cette opération de réchauffage s'effectue en quelques secondes sous l'effet d'une bougie d'allumage incorporant une résistance électrique. Le délai moyen de réchauffage est l'une des données caractéristiques des moteurs Diesel et fait l'objet d'une indication précise dans les documents descriptifs fournis par les constructeurs aux usagers.

(ii) Régimes d'utilisation

81. A régime moteur égal, les diesels donnent plus de puissance et plus de couple que les moteurs à allumage commandé. Par ailleurs, leur taux de compression élevé implique le renforcement d'un certain nombre de pièces en mouvement : d'où, même pour les moteurs de faible cylindrée, l'intérêt d'éviter de fonctionner à des régimes élevés où apparaissent d'importantes pertes de puissance par inertie et frottement. En conséquence, et tout spécialement pour les véhicules commerciaux et de transport public, l'éventail des régimes d'"efficacité" des diesels est généralement plus étroit que celui des moteurs à essence et nécessite donc une intervention plus fréquente et plus précise des changements de rapports de boîte. Cette exigence répond d'ailleurs, en matière de conduite, aux accélérations relativement plus faibles du diesel mais qu'améliore l'adoption d'origine de la technique turbocompresseur.

82. Dans la mesure où les véhicules commerciaux et de transport en commun demeureront pour longtemps encore les plus gros consommateurs de carburant Diesel, dans un souci d'économie et de respect de l'environnement, les opérateurs de véhicules Diesel moyens et lourds doivent prêter la plus grande attention aux considérations suivantes, qui conditionnent l'utilisation optimale et la durée de vie de leur véhicule :

- Dans les pays chauds, éviter le fonctionnement stationnaire et prolongé au régime de ralenti, qui peut dans ces conditions climatiques extrêmes provoquer surchauffe, "lavage" des cylindres, dilution de l'huile de carter et détérioration des injecteurs.

- Respecter la pression de gonflage des pneumatiques prescrite par le constructeur, et moduler les changements de rapport de boîte en fonction de la charge du véhicule et de la configuration routière. Ces deux précautions permettent d'obtenir la puissance et le couple requis sans "surcharge" moteur et donc d'opérer dans des conditions optimales de consommation et d'émissions de fumées.

- Dans des conditions climatiques de grands froids, respecter les caractéristiques des carburants spécifiées à cet effet par le constructeur. Le carburant Diesel s'épaissit avec l'abaissement de la température au point de limiter, voire de stopper parfois son débit au niveau du filtre du circuit d'alimentation. Le constructeur peut donc être amené à recommander l'adjonction en petite quantité de paraffine ou de tout autre additif destiné par temps froid à augmenter la fluidité du carburant quand un système de réchauffage du circuit d'alimentation n'est pas prévu.

- Le mélange air/carburant des moteurs Diesel dits à "aspiration atmosphérique" c'est-à-dire non équipés de suralimentation, et opérant au-dessus de quelque 1 500 mètres d'altitude, doit être appauvri afin d'éviter les inconvénients d'un mélange devenu trop riche, avec pour conséquence consommation excessive, dilution des huiles de carter et augmentation des émissions de fumée. Cet appauvrissement du mélange air/carburant ne doit intervenir qu'au-delà d'une altitude d'environ 2 500 mètres, mais, là encore, les recommandations du constructeur doivent être scrupuleusement suivies.

- Renoncer à la surcharge des véhicules, et si possible la proscrire officiellement dans la mesure où toute surcharge fatigue le véhicule, réduit dangereusement les qualités routières et augmente simultanément sa consommation et ses émissions.

(iii) Régime de ralenti moteur

83. A l'encontre du moteur à allumage commandé, le moteur Diesel, alimenté en mélange air/carburant très appauvri, fonctionne correctement au régime de ralenti. Cependant, et pour éviter tout risque d'arrêt à très bas régime, la plupart des véhicules de gros tonnages sont équipés d'un gouverneur centrifuge qui augmente automatiquement le taux d'injection de carburant dès que la vitesse de rotation moteur tombe au-dessous d'une limite donnée. La faible consommation et la stabilité de fonctionnement du diesel au ralenti exigent, bien entendu, le strict respect du réglage de l'injection adopté par le constructeur. A noter incidemment que cette particularité du diesel permet d'économiser près de 50% de carburant quand on le compare à la consommation d'un véhicule à moteur à allumage commandé soumis au même régime de "stop and go" caractérisant la circulation aux heures de pointe en zone urbaine.

(iv) Entretien par l'usager

84. En raison des taux de compression élevés des diesels, les éléments mobiles du moteur sont pour la plupart soumis à de fortes contraintes. En l'occurrence, l'étanchéité requise entre pistons et cylindres exige une lubrification de qualité. Il en est de même du turbocompresseur dont le régime d'utilisation se situe aux environs de 100 000 tours/minute. D'où l'importance de surveiller fréquemment les niveaux d'huile.

85. Le circuit d'alimentation doit être réglé en fonction des conditions géographiques et climatiques spécifiées par le constructeur (voir paragraphe 82 ci-dessus). Un système de filtres protège ce circuit d'alimentation en absorbant les impuretés et l'éventuelle présence d'eau condensée dans le carburant, tout en permettant l'expulsion de bulles d'air susceptibles d'interrompre l'homogénéité du débit de carburant. Tout comme le filtre à air, les filtres disposés sur le circuit d'alimentation doivent être inspectés et changés périodiquement en application des directives établies à cet effet par le constructeur. A cette occasion, toute trace d'huile ou de carburant visible à l'oeil nu sur le moteur ou l'un de ses équipements témoigne d'un défaut d'étanchéite (joint, rondelle obturateur, etc.) et doit être signalée au service d'entretien compétent.

B. Entretien et inspection technique des moteurs Diesel

(i) Entretien par les ateliers de garage et de flottes de véhicules

86. Chaque type de moteur Diesel doit subir pour son entretien une série d'opérations définies par son constructeur et dont les ateliers de garage spécialisés et de grosses flottes de véhicules doivent avoir connaissance. Ces ateliers doivent être également approvisionnés en pièces de rechange leur permettant d'effectuer les contrôles et réglages prévus ainsi que les réparations qui s'avèrent nécessaires. Ces diverses opérations exigent l'implantation d'ateliers bien équipés, parfaitement ventilés et ayant un personnel entraîné. En ce qui concerne la qualification de ce personnel, le Bureau International du Travail (BIT) a élaboré et publié une série de modules d'enseignement pratique dont les éléments techniquement spécialisés permettent mieux que toute autre méthode de former ab initio les mécaniciens de garage ou d'atelier de grosses flottes de véhicules, véhicules Diesel y compris (15).

87. Nous nous permettons de revenir sur l'importance de la qualité de l'huile de graissage destinée à assurer l'étanchéité entre les pistons et les cylindres du moteur Diesel. Soumise à des pressions et des températures particulièrement élevées, cette huile nécessite d'être fréquemment vidangée et renouvelée en respectant strictement la périodicité prescrite de cette opération, accompagnée le plus souvent du changement de cartouches des filtres à huile et à air d'alimentation. En dehors d'un phénomène d'usure prématurée, l'état des filtres conditionne en effet les débits d'air et de carburant et

en conséquence le bon fonctionnement moteur. L'importance de cette mesure est telle que les opérations d'entretien prévues pour les moteurs Diesel sont en général environ deux fois plus fréquentes que celles qui sont prescrites pour les moteurs à allumage commandé.

88. Pompe d'injection et injecteurs. Ces deux éléments majeurs du circuit d'alimentation ne peuvent être étalonnés qu'aux bancs d'essais installés dans les ateliers spécialisés des garages et des flottes de véhicules. Cependant, le contrôle et le réglage de la pompe d'injection demeurent des opérations relativement simples dont le constructeur définit la procédure dans son manuel d'entretien et de réparation. Cette opération est d'ailleurs à prévoir après changement de pompe d'injection, changement qu'impose trop souvent l'incapacité des ateliers d'entretien à réviser correctement les pompes défectueuses.

89. Tous les travaux effectués sur le circuit d'alimentation en aval de la pompe imposent une purge de ce circuit, toute bulle d'air pouvant dérégler la mise en pression au point de s'opposer au fonctionnement des injecteurs sur certains cylindres. Le serrage des injecteurs sur la culasse et la procédure à suivre pour la purge du circuit d'alimentation sont indiqués de façon précise par le constructeur et ne nécessitent d'ailleurs ni équipement ni outillage spécial.

(ii) Inspection technique

90. A l'exemple des pays qui ont élaboré et mis en pratique une politique d'inspection technique périodique des véhicules en service, les gouvernements qui n'ont pas pris pareille initiative se doivent de mettre sur pied un dispositif de contrôle adapté aux conditions techniques et administratives locales. En ce qui concerne les véhicules Diesel, ce système de contrôle effectué dans des centres ou ateliers spécialisés, voire sur la route par la police mobile, doit au moins identifier les véhicules émettant bruit et fumées en excès, et nécessitant de ce fait une intervention technique immédiate.

Emission de fumées. L'opacité des émissions de fumée des véhicules en service peut être aisément mesurée à différents régimes moteur et comparée aux limites d'opacité prescrites lors des tests d'homologation, tels par exemple qu'ils sont prescrits par le Règlement 24 de la CEE/NU en tenant compte bien entendu des facteurs de détérioration agréés en fonction de l'âge du véhicule. Cette opération s'effectue rapidement, ne nécessite qu'un minimum d'équipement et consiste simplement à passer la totalité du flux d'échappement dans un opacimètre, le moteur fonctionnant en accélération libre sous la seule "charge" de sa propre inertie. Une telle procédure d'essais, qui ne requiert l'utilisation d'aucun banc dynamométrique, est particulièrement adaptée à l'activité des centres d'inspection technique.

Emission de bruit. L'énergie acoustique émise par un véhicule à l'arrêt, moteur en fonction, peut être aisément mesurée par un sonomètre placé à courte distance de la sortie de la tubulure d'échappement et donc sans interférence notable de l'environnement acoustique. Ces mesures peuvent être comparées à celles qui ont été faites dans les mêmes conditions lors de l'homologation du type de véhicule en tenant compte à nouveau de facteurs de dégradation determinés en fonction de l'âge du véhicule. Cette procédure simplifiée de mesure du bruit doit être impérativement complétée d'une inspection à vue de l'ensemble du système d'échappement.

91. En coopération avec le PNUE, le Groupe d'experts de la construction des véhicules (WP 29 de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies) et le Comité International de l'Inspection Technique Automobile (CITA) préparent actuellement une série de procédures d'essais et méthodes de mesures destinés à être internationalement pratiqués par les centres d'inspection technique pour le contrôle des émissions polluantes et de bruit des véhicules en service.

92. Pour que les tests de contrôle ainsi que les réglages ou les réparations qui en résultent aboutissent à des résultats valables, il est essentiel que les centres d'inspection technique, les garages et les ateliers agréés soient équipés des mêmes opacimètres et sonomètres que ceux qui servent aux mesures d'émissions de fumées et de bruit lors des homologations officielles des véhicules Diesel. Il importe également que l'étalonnage de cette instrumentation relève d'une procédure standardisée et que les personnels procédant à ces tests de contrôle aient reçu une formation technique adaptée à leur fonction.

XII - CONSIDERATIONS D'ORDRE INSTITUTIONNEL ET ADMINISTRATIF

93. Afin de mieux cerner les avantages présentés par l'utilisation des véhicules Diesel en termes d'économie d'énergie et de protection de l'environnement, et de réduire au mieux l'impact des émissions particulières de cette catégorie de véhicule sur la santé et la qualité de vie des populations, il est primordial que les pays ne se contentent pas des seules considérations techniques dont il est plus particulièrement question dans les chapitres précédents. Les pays en cause doivent également prendre en compte les aspects institutionnels et administratifs liés à la dieselisation de leurs transports routiers. Lorsque la mise en oeuvre de produits de consommation génère certains effets marginaux d'ordre économique qu'ignore d'ailleurs la formation du prix de revient de ces produits, il appartient alors au gouvernement intéressé d'en tenir compte et de corriger le bilan global de l'introduction de tels produits sur le marché. A cet égard, le calcul simplifié auquel se livre l'acheteur d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules en comparant coûts et avantages de sa future acquisition, tient très rarement compte de l'aspect coûts et bénéfices sociaux de l'opé-

ration. En d'autres termes, sont couramment négligées par l'acquéreur privé l'identification et la prise en compte de paramètres d'ordre socio-économique aboutissant à la comparaison au plan national des éléments positifs (mobilité accrue, économie de carburant due à l'utilisation de véhicules Diesel, etc.) et des éléments négatifs (pollution, bruit, accidents) liés à l'acquisition de son ou de ses véhicules. A noter qu'en ce qui concerne la consommation de carburant, les gains sociaux relevant de l'économie d'un baril de pétrole excèdent largement l'économie effectuée individuellement par le consommateur, dans la mesure où ces gains sociaux jouent en faveur de la balance commerciale, des sorties de devises, du taux d'inflation et de la dépendance des pays importateurs de pétrole. En tout état de cause, les divergences couramment observées entre les analyses coûts/avantages élaborées au plan privé et au plan social justifient en principe l'intervention des gouvernements sans pour autant que leur soient dictés les moyens et l'orientation de leur action, qui relèvent de leur seule responsabilité. A cet effet, dans son rapport intitulé "Véhicules Diesel, avantages, risques et politique à l'égard du public", publié en 1981 (16), le Conseil National de la Recherche Scientifique des Etats-Unis précise opportunément que tout choix politique concernant la motorisation Diesel doit être impérativement précédé d'une analyse des impacts directs et marginaux de ce choix en tant qu'approche équilibrée d'une décision finale valable. Ainsi peuvent être évitées les interventions gouvernementales manquant de fondements, et tournant en conséquence à la confusion, au point de devenir parfois un remède pire que le mal.

94. L'application de normes à l'homologation des nouveaux véhicules telle qu'elle est brièvement évoquée au chapitre VIII ci-dessus, ne consiste pas à ne retenir seulement que des critères techniques s'adressant à la conception et à la fabrication de ces véhicules, mais implique également une étude approfondie de l'impact des normes adoptées sur un ensemble de questions qu'elles soulèvent, dont en particulier la consommation et l'approvisionnement de carburant, les problèmes d'entretien et de réparation, la formation du personnel de contrôle et le coût d'une infrastructure administrative adaptée. Une telle prise en compte des conditions locales existantes doit nécessairement et dans la majorité des cas précéder toute adoption d'une stratégie de contrôle et son évolution, en tenant compte des ressources disponibles et des priorités socio-économiques du pays concerné. A titre d'exemple, le degré de contrôle des émissions des véhicules Diesel ne saurait être défini dans chaque pays sans un examen qualitativement et quantitativement précis des problèmes liés à ces émissions, et de leur évolution en fonction de changements prévisibles concernant entre autres la démographie, l'approvisionnement en gazole, le coût de l'énergie ou les problèmes de circulation en zone urbaine. Au cas où la situation de l'environnement exigerait qu'un contrôle sévère des émissions soit imposé, les conséquences d'une telle mesure aux plans technique, économique et social devraient être préalablement surmontées et rendues acceptables tant par l'individu que par la collectivité. L'autorité responsable devrait en outre s'assurer de la possibilité de former les usagers

et le personnel mécanicien aptes à mettre en oeuvre, entretenir, régler et réparer des équipements moteur nécessairement complexes et de prévenir leur vieillissement précoce, voire leur involontaire destruction. Par ailleurs, lorsqu'une modification qualitative du carburant Diesel s'avère nécessaire, en liaison avec les compagnies pétrolières intéressées, le type et les caractéristiques du carburant retenu, sa disponibilité à long terme et ses moyens de distribution doivent faire l'objet de la plus grande attention. Une véritable consultation avec un large éventail d'interlocuteurs s'impose donc aux autorités pour s'assurer ultérieurement du support de la population et tenter simultanément d'identifier les problèmes susceptibles de se poser à l'avenir. Il est évident qu'en ce domaine l'expérience acquise en matière de contrôle et de réglementation par les pays industrialisés peut être utile, et tout au moins permettre d'être averti des difficultés que ces pays ont réussi ou non à surmonter.

95. Parmi celles-ci, l'ensemble des coûts impartis dans un projet de réglementation, et qui pèsent à la fois sur l'individu, la collectivité et les gouvernements eux-mêmes (tels que la création d'une administration compétente), mérite d'être chiffré de façon aussi précise que possible. Les mesures pratiques prises pour encourager l'application des règlements en en réduisant le coût, y compris les incitations financières, doivent emporter l'approbation et l'appui de la population. A cette fin, les arrangements d'ordre administratif et institutionnel doivent au moins couvrir les domaines suivants :

- Pour les pays producteurs de véhicules Diesel et dont l'état général du réseau routier peut être considéré comme satisfaisant, particulièrement en zone urbaine : homologation des véhicules nouveaux quant aux émissions polluantes et de bruit.

- Inspection des véhicules Diesel en service comportant de simples tests d'opacité des émissions de fumée et de mesures de bruit dont l'efficacité est souvent supérieure à celles de normes d'homologation dont l'application requiert un équipement de contrôle beaucoup plus complexe et coûteux.

- Surveillance constante des caractéristiques des carburants Diesel prescrits et plus spécialement de leur taux de cétane et de leur densité.

- Interdiction de surcharger les véhicules, et en particulier les véhicules commerciaux et de transport public.

XIII - CONCLUSION ET SYNTHESE

96. L'étude et l'élaboration des politiques concernant le véhicule Diesel, son utilisation et sa diffusion ne peuvent être menées au plan national que dans le contexte plus général de l'ensemble des problèmes relevant de la situation et de la mise en oeuvre du secteur transport de chaque pays. Si le transport est effectivement et partout dans le monde le moteur majeur du développement, chaque pays n'en demeure pas moins tributaire de ses propres contraintes de natures physique, économique et sociale. Aussi croyons-nous utile d'attirer une dernière fois l'attention du lecteur sur le document publié par le PNUE et intitulé "Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation", qui définit les orientations à prendre dans les domaines essentiels des transports et de leur planification urbaine et régionale, de l'utilisation des sols, de l'organisation de la circulation, de l'éducation des usagers de la route et de la construction des véhicules, ce dernier thème couvrant, dans une optique de protection de l'environnement, les problèmes d'entretien et de réparation. Ce document et la présente étude se complètent mutuellement, cette dernière introduisant dans un contexte automobile général le cas particulier du diesel et la politique qu'il implique en matière d'environnement.

97. Il convient à ce propos de considérer qu'en ce qui concerne le transport routier, le développement du moteur à allumage commandé s'est poursuivi de façon ininterrompue depuis plus de 80 ans cependant que la technologie Diesel n'a fait l'objet d'importants efforts de développement qu'à partir des années soixante-dix sous la pression des problèmes énergétiques induits par la crise pétrolière. Les considérations relatives au choix d'une "stratégie moteur", telles qu'elles sont évoquées dans cette étude, ne sauraient donc ignorer le large éventail de progrès technologiques qui jalonneront l'évolution à venir du diesel et de ses applications à l'ensemble des catégories de véhicules. A la lumière de nouvelles techniques adoptées ou en cours de développement sur les moteurs à allumage commandé et les moteurs Diesel (telles que l'introduction de dispositifs électroniques de régulation automatique de l'injection, de nouvelles chambres de combustion à fortes turbulences, de la suralimentation et, dans une approche adiabatique, de l'application de céramiques au voisinage des zones de combustion), il est vraisemblable qu'à l'avenir le diesel demeurera à la fois plus performant en terme de rendement thermodynamique et moins polluant quant à certaines catégories d'émissions que le moteur à allumage commandé, son concurrent. Cette perspective, qui favorise incontestablement le moteur Diesel, pourrait à l'avenir compenser son coût de production plus élevé et la stricte discipline à observer au niveau de son utilisation et de son entretien. Tributaire également des améliorations dont les deux types de moteurs feront progressivement l'objet, la diffusion du diesel sur le marché des véhicules à moteur reflétera les efforts consentis pour minimiser son impact sur la santé et le bien-être de la collectivité, tout particulièrement en matière de bruit et d'émissions de fumées et de particules.

98. Sans doute les pays constructeurs d'automobiles ont-ils un rôle primordial dans l'évolution technologique du moteur Diesel. Néanmoins, tous les pays sans exception ont pour devoir de gérer leur activité transport, y compris la mise en oeuvre des véhicules Diesel, avec la volonté de respecter l'environnement et d'éviter le gaspillage des ressources naturelles. Il est important d'avoir à l'esprit que toute déficience importante en matière d'infrastructure routière ou tout autre obstacle de nature socio-économique peut entraver sérieusement, voire rendre impossible la poursuite d'un tel et louable objectif.

99. Les problèmes énergétiques doivent être impérativement intégrés dans l'élaboration des politiques de transport, permettant ainsi d'optimiser le bilan global de leurs conséquences positives et négatives. Dans la plupart des cas, la diffusion croissante des véhicules Diesel entraîne de substantielles économies d'énergie et de consommation de pétrole brut. Certains pays doivent cependant faire face à des problèmes spécifiques de raffinage et de stockage qui ne sauraient être négligés avant de se prononcer délibérément en faveur de l'expansion des véhicules Diesel. A cet égard, les raffineries doivent s'engager à produire et à distribuer les carburants Diesel qualitativement aptes à alimenter les types de véhicules du marché. Cet engagement mérite d'être d'autant plus contrôlé qu'au stade du raffinage les caractéristiques des carburants Diesel sont beaucoup plus variées que celles des essences. Chaque pays doit en conséquence établir une série de mesures d'ordre économique ou administratif susceptibles de répondre aux conditions locales en matière de spécification des carburants, et entre autres quant à la concentration maximale en soufre des carburants Diesel. Enfin, lorsque l'utilisation de carburants de substitution s'avère techniquement possible et économiquement souhaitable, les gouvernements sont appelés à jouer un rôle capital par le biais d'aides à l'investissement au niveau de la production de ces carburants, et d'incitations fiscales encourageant leur consommation.

100. L'adoption d'une politique de réglementation de l'homologation de véhicules nouveaux ne saurait être envisagée qu'après examen des dispositions prises en la matière par les pays européens, le Japon et les Etats-Unis d'Amérique. Les règlements établis par la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies couvrent pour tous types de véhicules les émissions de CO, HC et NOx, et les émissions de fumées pour les seuls véhicules Diesel sans pour autant et jusqu'à présent exiger d'équipements moteur sophistiqués pour y répondre. Ces règlements sont donc susceptibles d'intéresser des pays qui, sans avoir encore pris de décision, estiment devoir limiter les émissions des véhicules après avoir soigneusement recensé les moyens de le faire. Pareille approche, fondée sur l'expérience technique et administrative des pays industrialisés, peut minimiser les difficultés présentées par la mise en oeuvre ab initio d'un contrôle des émissions des moteurs Diesel sans augmenter les consommations de carburant. En tout état de cause, les contacts pris en matière de réglementation avec les administrations étrangères compétentes permettent aux pays en développement d'avoir une

notion beaucoup plus précise des performances des véhicules Diesel qu'ils importent en ce qui concerne du moins le niveau de leurs émissions polluantes et de bruit ou leur consommation énergétique.

101. Il est enfin particulièrement recommandé aux administrations dont relèvent les problèmes liés à la motorisation de donner sans exception priorité à l'amélioration des conditions d'utilisation et d'entretien des véhicules en service conformément aux prescriptions établies par les constructeurs, tout en veillant aux qualifications professionnelles requises à cet effet. La formation du personnel d'atelier qu'implique pareille évolution ne saurait être conduite avec l'efficacité souhaitée sans être introduite à part entière dans les programmes d'éducation nationale officiellement établis. Il va sans dire que ces mesures de caractère stratégique en faveur de la mise en oeuvre et de l'entretien courant du parc automobile appellent en complément un effort adapté d'investissement au niveau des équipements d'ateliers et des centres d'inspection, de normalisation des limites d'émissions et de bruit à respecter lors des contrôles techniques, de surveillance continue des caractéristiques des carburants imposées aux raffineries, et de prohibition des conditions de surcharge des véhicules en circulation. L'ensemble de ces initiatives, dont l'objectif est directement orienté vers une protection bien comprise de l'environnement, devra parfois surmonter certaines entraves évoquées au paragraphe 98 et venues de conditions ou de comportements socio-économiques traditionnels peu enclins à accepter les contraintes du changement.

REFERENCES

(1) Principes directeurs environnementaux concernant l'automobile et son utilisation, Série des principes directeurs du Département industrie et environnement du PNUE, 1981

(2) Informations de caractère national fournies par les participants aux ateliers de travail organisés par le PNUE et l'OMS à Kuala Lumpur, 10-14 novembre 1980, et à Moscou, 3-9 octobre 1981

(3) Evolution du moteur d'automobile au cours des années 1980 et 1990, J. C. Finlay et G. A. Harrow, Energy World n° 84, août/septembre 1981

(4) Pour une appréciation internationale des effets, voir les Critères d'hygiène de l'environnement, n° 13 de l'OMS concernant le monoxyde de carbone, publiés en coopération par le PNUE et l'OMS, Genève, 1979

(5) Critères d'hygiène de l'environnement, n° 7 de l'OMS concernant les oxydants photochimiques, Genève, 1979

(6) Critères d'hygiène de l'environnement, n° 4 de l'OMS concernant les oxydes d'azote, Genève, 1977

(7) Critères d'hygiène de l'environnement, n° 8 de l'OMS concernant les oxydes de soufre et les matières particulières en suspension, Genève, 1979

(8) Critères d'hygiène de l'environnement, n° 12 de l'OMS concernant le bruit, Genève, 1980

(9) Conférence de l'OCDE sur les politiques de lutte contre le bruit, Paris, 7-9 mai 1980

(10) L'échelle Ldn utilisée aux Etats-Unis est la moyenne Leq mesurée de jour et de nuit avec pénalité de 10 dBA affectée à la période nocturne (de 22 h à 7 h.)

(11) Voir règlement 15 de la CEE/NU pour le contrôle des CO, HC, NOx ; règlement 49 récemment établi pour le contrôle des émissions des véhicules commerciaux ; règlement 24 pour les émissions de fumées (les deux règlements 49 et 24 sont imposés aux véhicules Diesel) et le règlement 51 pour le contrôle du bruit, Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, Division des transports intérieurs, Palais des Nations, Genève

(12) Voir les prescriptions concernant l'homologation des véhicules (Automobile Type Approval Handbook for Japanese Certification), Association des importateurs de véhicules au Japon et Ministère des Transports du gouvernement japonais, Tokyo, mars 1981 et premier supplément de mai 1982

(13) Voir Code des règlements fédéraux, titre 40 ; protection de l'environnement, partie 86 sur le contrôle des émissions et parties 202 et 205 sur le contrôle du bruit. United States Government Printing Office, Washington DC, juillet 1979

(14) Document WP 29/GRPE/R.76 de la CEE/NU

(15) Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Genève

(16) National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington DC 20418

ANNEXE

EXPERTS CONSULTES AU SUJET DES PRINCIPES DIRECTEURS

ARGENTINE	M. Arturo D. Abriani
AUSTRALIE	M. T. R. O'Brien
BANGLADESH	M. M. A. Karim
BRESIL	M. Ernesto Ronchini Lima
CHINE	M. Lu Kunyuan M. Miao Ying
EGYPTE	Dr Ali M. Kamel
REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALLEMANDE	Dr Edmund Hünigen
ALLEMAGNE, REPUBLIQUE FEDERALE D'	M. H. Hartwig Dr Horst Klingenberg
GRECE	M. Miltiades Vassilopoulos
HONG-KONG	Dr Peter John Kayes Dr Gabriel Ka-sing Cheung
HONGRIE	M. Ivan Pollak Dr Ildiko Szentgyorgyi
INDE	M. R. Swaminathan Prof. Dr. B. S. Murthy
INDONESIE	Dr S. Soemarto
ITALIE	Dr Oscar Montabone Dr Giacomo Pocci
JAPON	M. Masayoshi Dobashi M. Hiroshi Uemura
KOWEIT	M. Ibrahim M. Hadi
MALAISIE	M. Tan Meng Leng
MEXIQUE	M. Hibels Lopez Mendoza
PAYS-BAS	M. Thyss Risselada
NOUVELLE-ZELANDE	M. Donald R. Pullen
NIGERIA	Dr Olukoya Adeleke-Adedoyin M. A. B. Adeeko

PAKISTAN	M. Zilley Ahmad Nizami
POLOGNE	Dr Wieslaw Kozaczewski
REPUBLIQUE DE COREE	M. Oh Sae-Jong M. Jang Chang-Hoon
SINGAPOUR	M. Yeo Khoon Seng M. Lim Hung Siang
SUEDE	M. Tommy Zetterling
THAILANDE	M. Pakit Kiravanich
UNION DES REPUBLIQUES SOCIALISTES SOVIETIQUES	Prof. Alexandre Djakov Dr V. F. Koutenev M. I. V. Martemianov Dr Serguei Morozov Dr E. V. Shatrov
ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NORD	Dr John W. Fitchie
ETATS-UNIS D'AMERIQUE	M. F. W. Bowditch M. D. Jensen Prof. J. Mayda M. J. A. Starkey
ZAMBIE	Dr A. F. Banda
ZIMBABWE	Dr Casper Mombeshora

Institutions

BUREAU PERMANENT INTERNATIONAL DES CONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES (BPICA)	M. Kenneth Barnes M. François de Cabarrus M. K. L. Phelps
ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE)	M. Claude Morin

Nations Unies

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'EUROPE DES NATIONS UNIES (CEE/NU)	M. Giulio Dente
COMMISSION ECONOMIQUE ET SOCIALE POUR L'ASIE ET LE PACIFIQUE DES NATIONS UNIES (UN/ESCAP)	M. H. D. Selle
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL (ONUDI)	M. Martyn Eggouh

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL (BIT)	M. Allan Satt
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS)	Dr B. Dieterich Dr Hendrik W. de Koning Dr W. Kreisel Dr Claude J. Romer

Внешторгиздат. Изд.№ К524
ВТИ Зак. 1034