

recherche transport

COST 307

Utilisation rationnelle de l'énergie dans le transport interrégional

Édité par:

J. L. Alfaro, M. Chapuis, F. Fabre
Commission des Communautés européennes

Rapport final

Direction générale Transports
Direction générale Science, recherche et développement

Publié par
COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
Direction générale XIII
Technologies et industries de l'information et télécommunications
L-2920 Luxembourg

AVERTISSEMENT

Ni la Commission des Communautés européennes, ni aucune personne agissant au nom de la Commission n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations ci-après.

Une fiche bibliographique figure à la fin de l'ouvrage.

Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, 1993

ISBN 92-826-5490-7

© CECA-CEE-CEEA, Bruxelles • Luxembourg, 1993

Printed in France

COMITE DE GESTION
DE L'ACTION COST 307

Président : **Prof. N.Merzagora (I)**

Vice Président : **Prof. W.Schwanhäuser (D)**
M. P.Valette
(Commission des Communautés Européennes, DG XII)

Secrétaire : **M. G. Somer, et M. J.L. Alfaro**
(Commission des Communautés Européennes, DG VII)

BELGIQUE

M. Stef PROOST

Centrum voor economische studies
Van Evenstraat 2, Blok B
B- 3000 LEUVEN
U.F.S.I.A
Universiteit Antwerpen
Prinsstraat 13
B-2000 ANTWERPEN

Prof. E.VAN DE VOORDE

FRANCE

M. BOSSEBOEUF

A.F.M.E.(auj. A.D.M.E.)

Rue Louis Vicat

F- 75015 PARIS

M. Jean-Pierre ORFEUIL

INRETS

B.P.,34

F- 94114 ARCUEIL CEDEX

R.F d'ALLEMAGNE

M. W.BIALONSKI

Verkehrswissenschaftliches Institut

RWTH- AACHEN

Mies van der Rohe Str. 1

D- 5100 AACHEN

Prof. W.SCHWANAÜSZER

Verkehrswissenschaftliches Institut

RWTH-AACHEN

Mies van der Rohe Str. 1

d- 5100AACHEN

M. R SCHAARSCHMIDT

Bundesverkehrsministerium

Robert Schumanplatz i

D- 5300 BONN 2

ITALIE

Prof. N.MERZAGORA

E.N.E.A.

Viale Regina Margherita 125

I- 00198 ROME

M. S. FABERI

I.S.I.S

Via Flaminia 21

I- 00196 ROME

PAYS-BAS

M. R.BRAAKENBURG

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Postbus 20901

NL- 2500 EX's GRAVENHAGE

PORTUGAL

Mme Teresa SOUSA

GEP- Ministerio das Obras Publicas

Trasportes en Comun

Av.Columbano Bordalo Pinheiro 5

P-1000 LISBONNE

ESPAGNE

M. L.C. PEREZ FERNANDEZ

I.D.A.E

Paseo Castellana 95

E-28046 MADRID

SUISSE

M. L.DOLOCEK

Bundesamt für Energiewirtschaft

Kapellenstrasse 14

CH- 3003 BERNE

YUGOSLAVIE

Mme J.BOSIVEVIC

Fakultet Prometnik Znanosti

Vukeliceva 3

YU- ZAGREB

M. D.TOPOLNIK

Fakultet Prometnik Znanosti

Vukeliceva 3

YU-ZAGREB

COMMISSION DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES

200, rue de la Loi
B-1049 BRUXELLES

M. LACHAPELLE

DG III

M. ALFARO

DG VII

M. FABRE

" "

M. LEONARDI

" "

M. SOMER

" "

M. VALETTE

" "

M. CARDOZO

DG XVII

SOMMAIRE

RESUME	1
---------------------	---

PARTIE I : DONNEES ET MESURES

INTRODUCTION	9
---------------------------	---

1. DONNEES RELATIVES AUX VOLUMES DE TRAFIC, A LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET A LA STRUCTURE DU PARC DES VEHICULES INDIVIDUELS ET COMMERCIAUX	11
1.1. LA CONSISTANCE DE LA BASE DE DONNEES	11
1.2. DONNEES RELATIVES AUX TRAFICS ET AUX CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DANS LES ETATS COST ...	11
1.2.1. <u>Le trafic passagers</u>	11
1.2.2. <u>Le trafic marchandises</u>	16
1.2.3. <u>Les consommations d'énergie : données globales</u>	19
1.2.4. <u>La consommation d'énergie dans le transport passagers</u>	20
1.2.5. <u>La consommation d'énergie dans le transport marchandises</u>	22
1.3. LES CONSOMMATIONS UNITAIRES	25
1.3.1. <u>L'efficacité énergétique dans le transport global de passagers et marchandises pour l'ensemble des Etats COST</u>	25
1.3.2. <u>Les consommations moyennes unitaires : analyse des valeurs globales et des valeurs par pays au niveau du trafic national</u>	26
1.3.3. <u>Les consommations moyennes unitaires : analyse des valeurs globales et des valeurs par pays au niveau du trafic urbain et interurbain</u>	35
1.4. LES ZONES CRITIQUES	40
1.4.1. <u>Zones critiques du transport passagers</u>	41
1.4.2. <u>Zones critiques du transport marchandises</u>	42

2.	LES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES ETATS COST : SYNTHESE DES POLITIQUES NATIONALES . . .	45
2.1.	PAYS-BAS	45
2.2.	RF d'ALLEMAGNE	47
2.3.	FRANCE	49
2.4.	SUISSE	52
2.5.	ITALIE	54
2.6.	PORTUGAL	60

PART II: MODELES POUR L'EVALUATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS

INTRODUCTION	65
3.	L'IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : LE MODELE MICSIM-MACSIM	67
3.1.	LE MODELE MICSIM	67
3.2.	EVALUATIONS AVEC LE PROGRAMME MICSIM	73
3.2.1.	<u>Effets des mesures liées à la conception/construction des véhicules automobiles</u>	73
3.2.2.	<u>Effets d'une formation adéquate à la conduite</u>	75
3.2.3.	<u>Mesures législatives</u>	75
3.2.4.	<u>Transport combiné</u>	76
3.3.	LE MODELE MACSIM	78
3.3.1.	<u>La consommation d'énergie dans le secteur automobile</u>	78
3.3.2.	<u>Calcul de la consommation d'énergie des véhicules en mauvais état d'entretien</u>	81

4.	IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : ANALYSE DES RESULTATS DU MODELE MEDEE-ENV	85
4.1.	DESCRIPTION DU MODELE MEDEE-ENV, SECTEUR TRANSPORT	85
4.1.1.	<u>Automobiles</u>	85
4.1.2.	<u>Véhicules deux-roues</u>	87
4.1.3.	<u>Véhicule utilitaires légers</u>	88
4.1.4.	<u>Transport collectif de personnes</u>	88
4.1.5.	<u>Transport aérien international</u>	89
4.1.6.	<u>Transport de marchandises</u>	90
4.2.	INTRODUCTION DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LE MODELE MEDEE-ENV, SECTEUR DES TRANSPORTS	92
4.3.	LES SCENARIOS DE REFERENCE ET URE	94
4.3.1.	<u>Critères généraux pour l'élaboration des scénarios</u>	94
4.3.2.	<u>Les hypothèses de développement socio-économique</u>	95
4.3.3.	<u>Les hypothèses du scénario URE</u>	96
4.3.3.1.	Mesures législatives pour la diminution de la consommation du trafic privé	
4.3.3.2.	Mesures en matière d'organisation et de gestion	
4.3.3.3.	Mesures de promotion pour la production de véhicules offrant un bon rendement énergétique	
4.3.3.4.	Mesures d'incitation au transfert modal	
4.3.4.	<u>Analyse et interprétation des résultats des élaborations</u>	101
4.3.4.1.	Un potentiel d'économies de 14Mtep en 30 ans	
4.3.4.2.	Le rôle de la voiture particulière	
4.3.4.3.	Stabiliser la consommation pour le transport de marchandises	
4.3.5.	<u>Les émissions de CO₂</u>	105
5.	LE CONTROLE DES EMISSIONS PAR DES MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE (ANALYSE DES RESULTATS DU MODELE EFOM-ENV)	107
5.1.	IMPACT SUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : METHODOLOGIE	107
5.1.1.	<u>Panorama méthodologique</u>	107

5.1.2.	<u>Le secteur des transports</u>	108
5.1.3.	<u>Mesures d'économie d'énergie dans les transports</u>	109
5.1.4.	<u>Impact des mesures d'économie d'énergie sur l'énergie et sur l'environnement</u>	110
5.2.	LA REDUCTION DES EMISSIONS DANS LES TRANSPORTS GRACE A DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE : RESULTATS	110
5.2.1.	<u>Economies d'énergie d'un bon rapport coût-efficacité dans le secteur des transports</u>	111
5.2.2.	<u>Contribution des économies d'énergie dans le secteur des transports à la réduction de la demande finale d'énergie et des émissions de CO₂</u>	112
5.2.3.	<u>Evolution des émissions de CO₂ et NOx dans les transports en fonction des contraintes de réduction des émissions de CO₂</u>	115
6.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	121
6.1.	LES RESULTATS DE LA RECHERCHE	121
6.2.	LES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE PROPOSEES	123
6.2.1.	<u>Contrôle du taux de croissance du trafic privé</u>	128
6.2.2.	<u>Rationalisation de la croissance du parc automobile au plan énergétique et environnemental</u>	128
6.2.3.	<u>Réduction de la surconsommation résultant d'un mauvais usage et gestion du véhicule</u>	129
6.2.4.	<u>Amélioration de l'efficacité du transport routier</u>	131
6.2.5.	<u>Incitations au développement des techniques d'économie</u>	132
6.2.6.	<u>Incitations au transfert modal</u>	133
6.2.7.	<u>Estimation des économies réalisables</u>	134
6.3.	RECOMMANDATIONS	135

ANNEXES

Rapports originaux des pays

Rapport français	139
Rapport italien	185
Rapport néerlandais	195
Rapport portugais	229
Rapport suisse	257
Rapport allemand	265

RESUME

Le présent rapport est le fruit du travail réalisé conjointement par le groupe des experts représentant les neuf Etats signataires de l'action COST 307 : Pays-Bas, Belgique, Allemagne, France, Suisse, Italie, Espagne, Portugal, Yougoslavie.

I OBJECTIF DE L'ETUDE

Selon la définition initiale de la présente **ACTION COST 307**, l'objectif premier de la recherche était l'étude des conditions techniques, économiques et sociales de l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les transports.

Dans le cadre de ce thème de recherche, l'étude s'articulait autour de quatre axes correspondant aux quatre objectifs fixés initialement :

1. examiner les études et analyses réalisées en matière de consommation de l'énergie dans le domaine des transports par les Etats participants, la Commission des Communautés européennes et d'autres institutions (OCDE, etc.), et évaluer la comparabilité des données ;
2. évaluer les contraintes techniques et sociales de l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les transports et identifier les mesures à prendre pour économiser l'énergie et diversifier les sources d'énergie dans les transports interrégionaux ;
3. promouvoir et faciliter la coordination des efforts consentis par les Etats participants pour mettre au point des instruments d'analyse dans le domaines des transports et de l'énergie. ;
4. donner aux Etats participants la possibilité d'évaluer les implications (sociales et économiques) des différentes politiques d'économie d'énergie et de diversification des sources d'énergie.

Au cours de la recherche, et compte tenu de la sensibilisation croissante aux problèmes de l'environnement, le groupe de travail a étendu le champ de l'étude à l'analyse de l'incidence des mesures d'économie d'énergie sur les émissions de polluants.

Enfin, quoique les recherches à effectuer ne devaient couvrir que les seuls transports interrégionaux, on a préféré, dans un souci d'exhaustivité ou, dans certains cas, faute de données spécifiques, analyser l'ensemble du système des transports. Ont donc également été étudiées les mesures prises en matière de contrôle et de gestion du trafic urbain ainsi que les données correspondantes relatives au trafic et aux consommations d'énergie (uniquement pour les pays ayant fourni des données, également à ce niveau de désagrégation).

II- DONNEES ET MESURES

La réalisation des deux premiers objectifs de l'étude visés par l'**ACTION COST 307** a impliqué :

- l'élaboration et la comparaison des données relatives au trafic et à la consommation d'énergie dans les pays participants ;
- l'examen des différentes politiques d'économie d'énergie.

L'analyse de ces données fait donc apparaître, pour 1985 et 1988, l'état des volumes de trafic, de la consommation énergétique et la structure des parcs de véhicules passagers et marchandises dans les 9 Etats participants.

L'analyse comparative des consommations d'énergie dans les transports des Etats participants fait apparaître une grande homogénéité dans la structure de la demande, tant en mobilité qu'en énergie, malgré des structures de transport relativement différentes. Dans l'ensemble, on peut dire que, dans les années 80 en Europe, le transport automobile absorbe 80 % du trafic passagers et que plus de 90 % de la consommation totale d'énergie est imputable au trafic routier (dont 62 % aux seules voitures particulières).

En termes d'efficacité des transports, les données indiquent qu'une même unité de trafic passagers déplacée par transport privé consomme 2,5 fois plus d'énergie que par transport collectif, et que la même quantité de marchandises déplacée par route utilise environ 4 fois plus d'énergie que si elle était déplacée par mer ou par fer.

Concernant l'analyse des politiques d'économie d'énergie, une description des mesures adoptées récemment, ou actuellement en cours d'adoption, dans chacun des pays concernés est complétée, à chaque fois que cela est possible, par une estimation des économies qu'elles ont déjà permis ou devraient encore permettre de réaliser.

Cette analyse comparative fait ressortir des différences importantes entre les politiques d'économie adoptées, mais également une base commune : la volonté unanime de réduire et de maîtriser la demande de trafic privé (passagers et marchandises) et de développer l'offre de moyens et modes de transport plus économes en énergie.

III- MODELES

Dans l'évaluation des effets des mesures d'économie (troisième et quatrième objectifs de l'action **COST 307**) sur la consommation d'énergie, les trois méthodes complémentaires retenues font appel respectivement :

- au modèle technico-physique **MICSIM-MACSIM**, à l'Institut de la science des transports d' Aix-la-Chapelle, Allemagne ;
- au modèle tecnico-économique **MEDEE-ENV** à l'**ENEA** de Rome, Italie ;
- au modèle technico-économique **EFOM-ENV** dans le cadre du programme **JOULE-Modèles pour l'énergie et l'environnement** - élaboré par la Direction générale de la science, de la recherche et du développement de la CEE.

Dans le premier cas, les deux composantes du modèle **MICSIM-MACSIM** ont conduit respectivement :

- à l'identification et à l'analyse des corrélations existant entre la consommation d'énergie des véhicules et certains paramètres de fonctionnement importants tels que la vitesse, le poids à vide, la conduite, etc (MICSIM) :
- à l'évaluation, fondée sur les résultats d'une simulation effectuée sur le cas allemand (**MACSIM**), de la surconsommation d'énergie résultant de conditions de fonctionnement suboptimales (mauvaise mise au point de la carburation ou de l'injection, augmentation de la résistance au roulement due à des pneus en état non optimal, etc..).

MEDEE-ENV (modèle de prévision à long terme de la demande d'énergie) a été, en revanche, utilisé pour évaluer l'impact exercé sur la consommation énergétique par certaines mesures d'économie d'énergie dans les transports

Les mesures examinées visent à :

- faire diminuer la consommation dans le trafic privé (limitations de vitesse, obligation d'entretien périodique, interdiction d'accès aux centres-ville),
- organiser et rationaliser le trafic (fluidité du trafic urbain, optimisation de la distribution des marchandises) ,
- encourager la production de véhicules d'un bon rendement énergétique, ou
- favoriser le transfert modal pour le transport de passagers et marchandises.

La troisième étude avait pour objet d'identifier pour les pays **EURO 10**, l'ensemble des mesures susceptibles d'assurer, à un prix minimum, le respect de certaines contraintes de diminution des émissions polluantes (notamment oxydes d'azote et anhydride carbonique).

Le modèle **EFOM-ENVIRONNEMENT**, utilisé dans la présente étude, a été volontairement modifié et élargi, grâce notamment à l'introduction de paramètres pour une vaste série de nouvelles techniques énergétiques : il s'agissait d'obtenir des données sur les effets de certaines mesures d'économie d'énergie dans les secteurs d'utilisation finale. Entre autres conclusions, l'étude montre que les mesures prises dans le secteur des transports sont celles qui ont le plus de chances de produire les résultats les plus significatifs.

IV- RESULTATS ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des données relatives aux transports dans les Etats participant à l'**ACTION COST 307**, des mesures qui ont été prises en vue de freiner la croissance de la consommation énergétique ainsi que des résultats des calculs réalisés à l'aide des modèles, conduit aux considérations suivantes :

- l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules automobiles, la limitation de la croissance du trafic privé, et plus généralement du trafic routier, ainsi que la rationalisation du trafic urbain et interurbain sont les meilleurs moyens d'économiser de l'énergie dans les transports ;
- les économies d'énergie réalisées au cours des 15 dernières années sont dans leur quasi-totalité imputables aux progrès réalisés dans le premier domaine d'action évoqué précédemment. Ces économies auraient, par ailleurs, pu être plus importantes si l'amélioration de l'efficacité énergétique des automobiles ne s'était pas accompagnée d'une détérioration progressive des conditions du trafic et d'une faible sensibilité des consommateurs aux problèmes de l'énergie (et de l'environnement) ;

- en l'absence de mesures correctives, compte tenu de la préférence croissante manifestée par les consommateurs pour les voitures particulières et, d'une façon plus générale, pour le transport routier, cette situation est appelée à s'aggraver sensiblement dans un proche avenir, avec de lourdes conséquences non seulement pour l'environnement, mais aussi pour la qualité de la vie.

Partant de cette analyse, le groupe de travail **COST 307** a élaboré une proposition pour une politique d'économie de l'énergie dont les grandes options seraient les suivantes:

- 1) contrôler et freiner l'accroissement du trafic privé (par des mesures législatives ou fiscales) ;
- 2) rationaliser la croissance du parc automobile sous l'angle de l'énergie et de l'environnement ;
- 3) réduire la surconsommation résultant de l'utilisation inappropriée et du mauvais entretien des véhicules (par des mesures en matière d'organisation, de gestion et de formation) ;
- 4) améliorer l'efficacité du transport des marchandises par route (dans ce cas aussi grâce à des mesures portant sur l'organisation et la gestion);
- 5) promouvoir la mise au point de véhicules à haute efficacité énergétique ;
- 6) favoriser l'utilisation de moyens de transport collectif ou, dans le cas des marchandises, multimodal (grâce à des mesures d'intervention sur les infrastructures et d'organisation du système des transports).

La mise en oeuvre efficace de telles mesures dans les pays européens exige que l'on dispose d'instruments de contrôle comme, par exemple, les modèles utilisés dans la présente recherche : ces outils permettraient aux décideurs d'analyser, d'évaluer et de comprendre les conséquences d'une politique donnée, comme aussi de suivre et de contrôler au fur et à mesure les résultats effectivement obtenus.

Les auteurs recommandent, enfin, certaines actions institutionnelles, organisationnelles et techniques, dont l'objectif est l'amélioration et l'approfondissement de la recherche dans ce secteur. L'analyse, en termes de coûts-bénéfices et de chances de succès, des implications sociales et économiques liées à la mise en oeuvre d'une mesure déterminée d'économie d'énergie leur semble ainsi être d'une importance et d'une actualité particulières.

PARTIE I

DONNEES ET MESURES

INTRODUCTION

Un des objectifs de l'action COST 307 visait à apporter des éléments, d'une part, pour l'élaboration et la comparaison des indicateurs de l'efficacité énergétique des divers modes de transport de personnes et de marchandises ; de l'autre, pour l'interprétation des éventuels écarts de ces indicateurs par rapport à la moyenne, et cela par l'analyse des spécificités nationales des transports.

A cette fin, les données traitées au premier chapitre de la partie I ont été subdivisées en trois parties :

- la première concernant la comparaison des données relatives aux volumes de trafic et des consommations correspondantes, par mode et par trafic de passagers et marchandises (les données se réfèrent aux années 1985 et 1988) ;
- la seconde, portant sur l'analyse et la comparaison, toujours par mode de transport, des consommations unitaires d'énergie ;
- la troisième consacrée à l'analyse des zones critiques, par pays et par secteurs de transport, identifiées à la lecture des données et à la lumière de leur interprétation .

Une synthèse des aspects les plus significatifs des politiques d'économie et de conservation de l'énergie menées dans les Etats participants est présentée au deuxième chapitre de cette première partie. Ce travail de synthèse a nécessité un effort particulier pour intégrer un format homogène pour tous les pays, compte tenu des disparités appréciables existant d'un Etat à l'autre : disparités au niveau des expériences de mise en oeuvre des mesures d'économie et au niveau de la fourniture des données et des informations.

Une brève description de la politique énergétique mise en oeuvre dans chaque pays est présentée, avec le compte-rendu des principales mesures d'économie d'énergie appliquées. A chaque fois que cela était possible, une mesure des économies réalisées a été fournie, avec également indication des orientations politiques futures, des mesures à prévoir et des résultats escomptés.

Le tableau qui se dégage d'une telle analyse fait ressortir une grande hétérogénéité entre les différents pays. Il reflète, comme il fallait s'y attendre, les profondes différences existantes, non seulement au niveau de la situation historique et politique, mais également des ressources énergétiques disponibles, du développement industriel et de la sensibilité aux problèmes d'environnement.

On peut, toutefois, relever un certain nombre de points communs:

- la nécessité de réduire de façon drastique le volume actuel du trafic routier de personnes et de marchandises, grâce au développement et à l'amélioration de l'offre et de la qualité des autres modes de transport , et plus particulièrement le rail ;
- l'intérêt croissant porté par la majorité des Etats au problème de l'environnement, et notamment à la lutte contre les émissions polluantes ; les politiques de conservation de l'énergie sont et seront largement fonction des priorités environnementales ;
- la nécessité de réduire, dans la mesure du possible, les coûts énergétiques considérables découlant de la congestion croissante des infrastructures et des systèmes de transport (et particulièrement les réseaux routiers) dans les zones urbaines et extra-urbaines.

1. DONNES RELATIVES AUX FLUX DE TRAFIC, AUX CONSOMMATIONS D'ENERGIE ET A LA STRUCTURE DU PARC DES VOITURES PARTICULIERES ET DES VEHICULES UTILITAIRES

1.1 LA CONSISTANCE DE LA BASE DE DONNEES

Sur les neuf Etats participant à l'action COST 307, ils ne sont que 6 (Pays-Bas, Belgique, Allemagne(1), France, Italie et Portugal) à avoir fourni des données relativement complètes sur les années 1985 et 1988 et un seul, la Suisse, des données complètes pour la seule année 1985. Pour diverses raisons, les deux pays restants (Espagne et Yougoslavie(2),) n'ont pas participé à la partie finale du projet ; ce qui explique que les données disponibles s'y rapportant soient, le plus souvent, incomplètes et se réfèrent à la seule année 1985. Cette situation n'a, toutefois, pas nui à l'objectif du programme de travail ; pour l'année 1985, notamment, il a été possible de dresser un tableau suffisamment complet de la situation du trafic et des consommations des Etats participants (à l'exception, dans de nombreux cas, de la Yougoslavie).

De plus, l'organisation nécessairement unitaire de la base de données, de même que son caractère détaillé, dicté par la nécessité d'affiner l'analyse des phénomènes énergétiques dans les transports, n'a pas toujours trouvé un écho dans les statistiques disponibles dans les différents pays. Les délégations (nationales) de COST ont comblé cette lacune, en formulant, le cas échéant, des estimations indirectes pour l'évaluation des paramètres que l'absence de statistiques officielles de leur pays ne permettait pas d'identifier directement.

1.2. DONNEES RELATIVES AUX TRAFICS ET AUX CONSOMMATIONS DANS LES ETATS COST

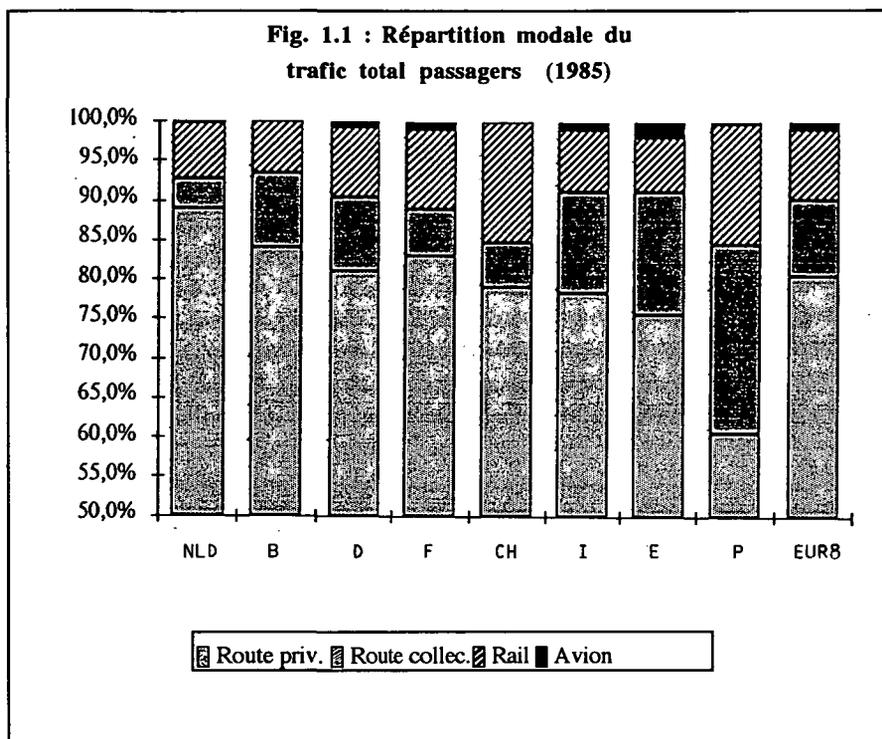
1.2.1 Le trafic passagers

Dans tous les pays, à l'exception du Portugal et, probablement, de la Yougoslavie (pour laquelle on ne dispose pas de données concernant le transport privé), le transport automobile privé de passagers domine nettement le transport public.

1 Les données se réfèrent à la RFA avant l'unification allemande

2 Il s'agit de l'Etat yougoslave avant ses nouvelles subdivisions

La figure 1.1 répartit le trafic entre transport privé et transport collectif (route, rail et avion). Elle montre que la part du transport automobile privé reste, en moyenne, supérieure à 80 %, et qu'elle atteint sa valeur maximale aux Pays-Bas (près de 90 %) et minimale au Portugal (3), (environ 60 %).



Les données disponibles pour 1988 confirment cette répartition du trafic (Tab.1.1) avec, cependant, des augmentations sensibles, comme dans le cas de l'Allemagne (environ 2 points en pourcentage de plus),

3 Dans tous les tableaux, les données relatives au Portugal reproduites pour 1985 se réfèrent, à chaque fois, à 1986.

Tab.1.1 : Transport de passagers : part du trafic privé (en %)

	1985	1988
EUR 8	80,55 %	
EUR 6	81,35 %	82,30 %
PAYS-BAS	88,96 %	89,87 %
BELGIQUE	83,90 %	85,95 %
ALLEMAGNE	81,07 %	83,39 %
FRANCE	83,12 %	82,76 %
SUISSE	78,99 %	
ITALIE	77,97 %	78,88 %
ESPAGNE	75,30 %	
PORTUGAL	60,47 %	61,86 %

Note : dans ce tableau, comme dans les suivants, les sigles EUR8 et EUR6 se réfèrent aux pourcentages moyens du trafic privé sur le total du transport passagers concernant 8 pays en 1985 et 6 pays en 1988. Pour faciliter la comparaison entre les deux années, on a reproduit également dans la colonne de 1985 la donnée relative à la répartition moyenne du trafic des 6 pays pour lesquels les données de 1988 sont disponibles.

Dans les pays où ce mode de transport est significatif, le trafic aérien se maintient autour de 1 %, alors que l'on peut considérer comme négligeable la contribution du trafic maritime et fluvial (environ 3 pour mille en Italie et en Espagne).

Enfin, le tableau suivant illustre, pour les années 1985 et 1988, la place prise par le chemin de fer dans le trafic terrestre. Il ressort de ce tableau une tendance nettement « ferroviaire » dans le transport de personnes pour trois des huit pays analysés : Suisse, Pays-Bas, France ; une orientation plus favorable au transport routier pour la Belgique, le Portugal, l'Italie et l'Espagne et une situation d'équilibre pour l'Allemagne. Les données de 1988 font apparaître, pour certains pays, une tendance au transfert du rail à la route.

Transport de passagers : place du trafic ferroviaire dans le transport collectif terrestre (en %)

	1985	1988
SUISSE	72,57 %	
PAYS-BAS	66,85 %	69,68 %
FRANCE	63,62 %	61,20 %
BELGIQUE	41,36 %	37,12 %
ALLEMAGNE	47,96 %	47,49 %
ITALIE	38,67 %	38,20 %
PORTUGAL	31,19 %	35,91 %
ESPAGNE	26,12 %	-

Une comparaison des données relatives à la mobilité totale (km/an parcourus par habitant), représentée par le rapport entre les volumes de trafic et la population totale (données 1985) permettra de compléter cette brève analyse sur le transport de passagers des huit pays examinés. Le tableau suivant (Tab.1.2.) compare, par pays, les kilométrages moyens parcourus en voiture (et motorcycle) et ceux effectués sur l'ensemble des transports collectifs (urbains et interurbains) : autobus, trains et avions :

Tab. 1.2. Transport passagers : mobilité totale (km/an par personne) par mode de transport

	Privé	Collectif	Total
PAYS-BAS	8.172	1.000	9.172
BELGIQUE	7.788	1.495	9.283
ALLEMAGNE	7.883	1.840	9.723
FRANCE	9.596	1.949	11.545
SUISSE	10.072	2.679	12.751
ITALIE	7.126	2.014	9.140
ESPAGNE	5.505	1.806	7.311
PORTUGAL	2.534	1.656	4.190

I Il est intéressant d'observer l'existence d'une certaine corrélation entre le revenu par habitant de chaque pays et la mobilité totale ainsi qu'entre le revenu et la préférence accordée à la voiture particulière sur les transports publics (à l'exception, en partie, de la Suisse).

Le tableau 1.3, enfin, réunit les données relatives à la mobilité privée et collective urbaine (autobus + tramway + métro) et interurbaine (autobus + train + avion) et indique (en pourcentage) la part de la mobilité totale (privée + collective).qu'elles assurent.

	Urbain				Interurbain			
	Privé		Collectif		Privé		Collectif	
	%		%	%		%		
PAYS-BAS	27,2	2.497	1,5	141	61,9	5.676	9,4	859
ALLEMAGNE	*24,3	*2.365	10,1	980	*56,8	*5.518	8,8	860
FRANCE	27,7	3.197	3,9	448	55,4	6.398	13,0	1501
SUISSE	23,7	*3.022	4,9	628	*55,3	*7.050	16,1	2051
ITALIE	25,3	*2.315	3,9	352	*52,6	*4.811	18,2	1661
ESPAGNE	22,6	*1.652	2,4	175	*52,7	*3.854	22,3	1631
PORTUGAL	27,5	.1.151	24,6	1.030	33,0	1.384	15,0	628

* Estimations

Si l'on observe la mobilité collective urbaine, il apparait que les valeurs élevées de la Suisse et de l'Allemagne témoignent de la bonne structure et organisation de leurs transports publics urbains, alors que la valeur élevée du Portugal est représentative de la période qui a précédé, dans d'autres pays, l'essor de la voiture individuelle.

1.2.2 Le trafic marchandises

A la différence du trafic passagers, la répartition modale du trafic de marchandises présente des différences sensibles dans les neuf pays étudiés (voir tab.1.4 et figure 1.2). En effet, la route en assure la plus grande partie en Belgique, en Italie, au Portugal, aux Pays-Bas et en France.

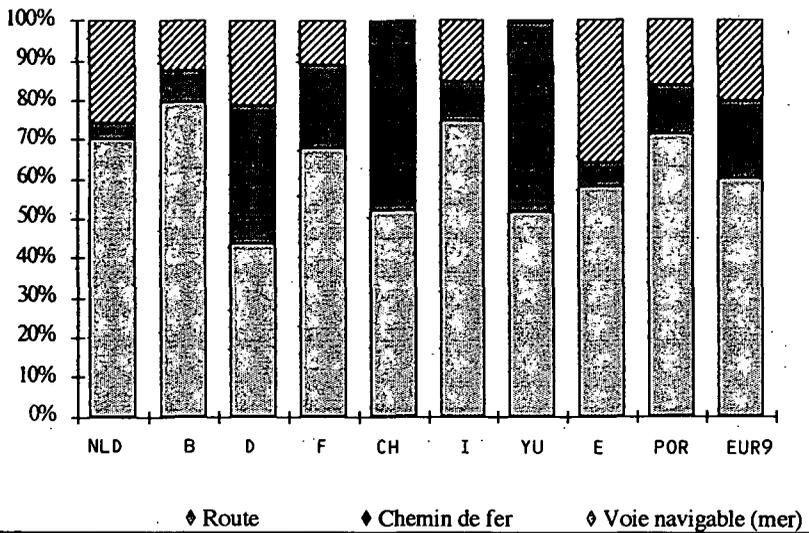
En revanche, la répartition entre route et rail est plus équilibrée en Suisse et en Yougoslavie, et entre route, rail et voies navigables en Allemagne. En Espagne, enfin, route et voies maritimes se partagent l'essentiel du transport de marchandises, le chemin de fer n'étant utilisé que de façon marginale. De même aux Pays-Bas, l'utilisation du rail reste marginale par rapport au transport de passagers, les voies navigables occupant une place prépondérante.

Les données de 1988 (tab.1.5.) font ressortir une tendance générale à la croissance du transport routier (exception faite de l'Italie), cette expansion se faisant davantage au détriment du transport ferroviaire que des voies fluviales (à l'exception du Portugal). Ce dernier aspect est encore plus manifeste dans le tableau 6, qui compare l'incidence du trafic ferroviaire sur le total du trafic « non routier » pour les deux années considérées.

Tab. 1.4 : Répartition modale du trafic marchandises pour l'année 1985

	Route	Chemin de fer	Bateaux.
EUR9	60,08 %	19,33 %	20,59 %
NL	70,18 %	4,02 %	25,80 %
B	79,36 %	7,80 %	12,84 %
D	43,71 %	34,64 %	21,65 %
F	67,48 %	21,41 %	11,10 %
CH	51,95 %	48,05 %	0,00 %
I	74,60 %	9,72 %	15,69 %
YU	51,28 %	47,96 %	0,77 %
E	57,91 %	5,83 %	36,27 %
P	70,88 %	12,64 %	16,48 %

Fig. 1.2 : Répartition modale du trafic total de marchandises (1985)



Tab. 1.5: Répartition modale du trafic marchandises (1988)

	Route	Rail	Voie navigable
EUR6	71,98 %	13,01 %	15,01 %
EUR6-85	64,37 %	18,69 %	16,94 %
PAYS-BAS	72,17 %	3,45 %	24,38 %
BELGIQUE	82,92 %	5,36 %	11,72 %
ALLEMAGNE	46,45 %	31,08 %	22,46 %
FRANCE	72,50 %	17,84 %	9,66 %
ITALIE	74,54 %	9,38 %	16,08 %
PORTUGAL	71,98 %	13,01 %	15,01 %

Tab.1.6 : Part du trafic marchandises par chemin de fer par rapport au total des trafics maritimes et ferroviaires

	1985	1988
SUISSE	100,00 %	-
YUGOSLAVIE	98,43 %	-
FRANCE	65,68 %	64,88 %
ALLEMAGNE	61,53 %	58,05 %
PORTUGAL	43,41 %	46,43 %
ITALIE	38,25 %	36,83 %
BELGIQUE	37,78 %	31,37 %
ESPAGNE	13,84 %	-
PAYS-BAS	13,49 %	12,38 %

Outre les trois modes évoqués précédemment, le transport des marchandises s'effectue également par voie aérienne et par oléoducs. Bien qu'utilisé par quasiment tous les pays examinés, le fret aérien ne représente, comme il est naturel, qu'une part marginale et négligeable, notamment au niveau du transport intérieur.

Quelques informations sur les transports par oléoducs, qui concernent un aspect particulier du transport de marchandises, peuvent compléter le tableau. Certains pays n'ayant fourni que des données globales (national plus international), il n'est pas possible de comparer pour tous les Etats COST le poids représenté au niveau national par ce type de transport. On peut toutefois déduire des données disponibles qu'il est utilisé dans quasiment tous les pays COST, et même de façon relativement importante dans certains d'entre eux, comme les Pays-Bas, la France, l'Allemagne, l'Italie et la Yougoslavie. Les Pays-Bas, en particulier, indiquent clairement que le transport par oléoduc n'est utilisé que pour les trafics internationaux et qu'il représente 7 % du trafic total (national plus international, plus du double du transport par rail). Pour la Yougoslavie, le transport par oléoduc représente 7,5 % du total national, pour l'Italie 4,5 %, pour l'Espagne 1,5 %.

1.2.3. Les consommations d'énergie : données globales

La figure 1.3 reproduit pour chaque Etat COST, le rapport entre la consommation d'énergie dans les transports et la consommation d'énergie totale au niveau national en 1985 et 1988.

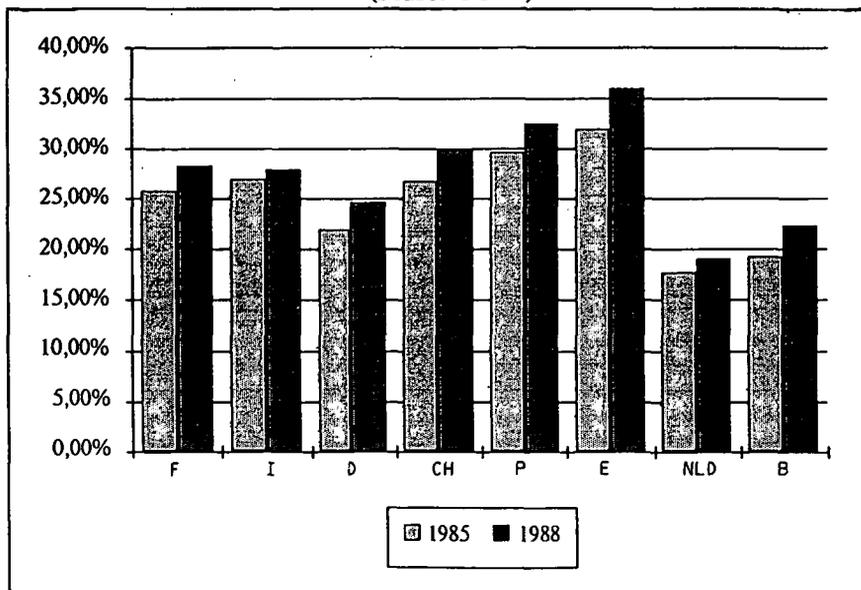
Les valeurs ne sont pas homogènes : elles oscillent pour 1985 entre le minimum de 18 % affiché par les Pays-Bas et le maximum de 32 % de l'Espagne, avec une moyenne de 25 % et, sur 1988, entre 19 % et 36 %, avec une moyenne de 27,6 %. La croissance de la part de la consommation d'énergie absorbée par les transports, soit en moyenne plus de deux points, en pourcentage, sur la période 1985-1988, traduit un phénomène qui s'observe depuis les années 70 dans quasiment tous les pays. Ce phénomène est imputable à trois facteurs :

- une utilisation plus rationnelle de l'énergie qui s'opère progressivement dans les domaines industriel et tertiaire (en l'absence de mesures drastiques d'économies d'énergie dans les transports);
- la progression régulière de la part des transports dans le budget familial;
- le fait, enfin, que le parcours moyen pour le transport et la distribution d'une quantité donnée de marchandises produite n'a cessé d'augmenter ; d'où, à parité de production industrielle, une croissance de la consommation d'énergie due au transport de marchandises.

Les deux paragraphes suivants illustrent, à partir des données fournies par les Etats COST, la répartition des consommations d'énergie dans les transports en fonction de leurs principales composantes.

**Fig. 1.3 : part de la consommation d'énergie dans le transport
par rapport à la demande totale - 1985**

(Source OCDE)



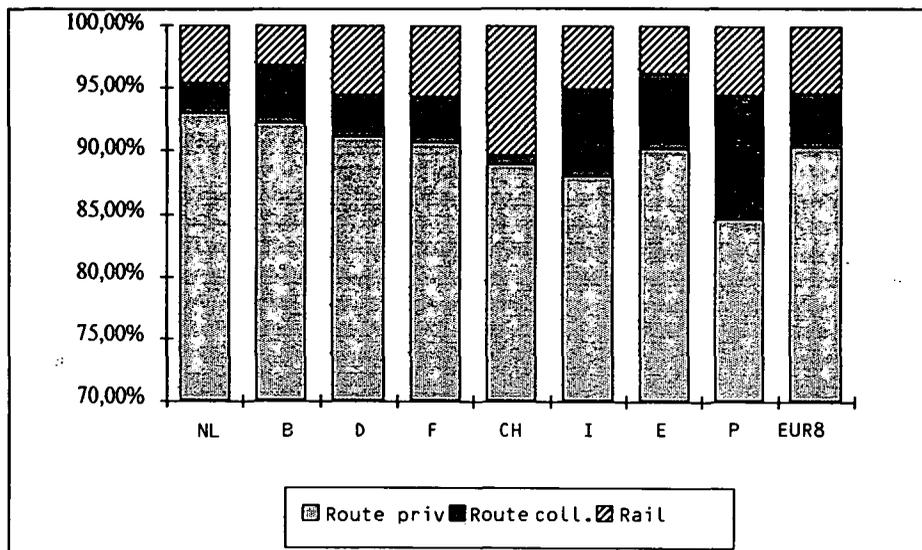
1.2.4. La consommation d'énergie dans le transport de passagers (4)

Dans les transports terrestres de passagers, le transport privé qui, on l'a vu, représente environ 80 % du trafic, consomme environ 90% (moyenne communautaire) du total de l'énergie utilisée (cfr. fig. 1.4 et Tab. 1.7, 1.8). Ce pourcentage, pratiquement uniforme dans tous les pays, reste *grosso modo* inchangé en 1988. Le transport collectif ne représente donc que 10 % environ des consommations et 20 % du volume total du trafic. En l'absence de données complètes disponibles, les chiffres reproduits dans les tableaux ne prennent pas en compte la consommation des transports aérien et maritime.

On peut, toutefois, considérer comme négligeable la contribution du trafic maritime et fluvial, et comme marginale celle du trafic aérien. En effet, même si l'efficacité énergétique du transport aérien est relativement faible, la consommation du transport aérien international total n'influe que de quelques points, en pourcentage, sur la demande totale d'énergie du transport de passagers des pays considérés. En chiffres, en évaluant la consommation unitaire à 80 kTEP/10⁹ passagers-km, on obtiendrait une consommation de 1.750 kTEP, soit 2 % du total (Etats COST).

4 Les données relatives à la consommation d'énergie sont exprimées en termes d'énergie primaire

Fig. 1.4 : Transport terrestre de passagers : répartition modale de la consommation d'énergie (1985)



Tab.1.7 Transport de passagers : répartition de la consommation d'énergie, en % (1985)

	Privé	Route coll.	Rail
EUR8	90,32 %	4,31 %	5,37 %
PAYS-BAS	93,03 %	2,27 %	4,70 %
BELGIQUE	92,31 %	4,43 %	3,26 %
ALLEMAGNE (RF)	91,10 %	3,32 %	5,58 %
FRANCE	90,67 %	3,61 %	5,71 %
SUISSE	88,93 %	0,69 %	16,94 %
ITALIE	88,10 %	6,87 %	5,03 %
ESPAGNE	90,22 %	5,96 %	3,82 %
PORTUGAL	84,69 %	9,79 %	5,52 %

Tab.1.8 TRANSPORT DE PASSAGERS: REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE, EN %. (1988)

	Privé	Route coll.	Rail
EUR6	91,14 %	4,14 %	4,72 %
EUR6-85	90,38 %	4,29 %	5,33 %
PAYS-BAS	93,09 %	2,38 %	4,53 %
BELGIQUE	93,93 %	3,84 %	2,23 %
ALLEMAGNE	92,20 %	2,94 %	4,86 %
FRANCE	91,70 %	3,02 %	5,28 %
ITALIE	87,91 %	7,66 %	4,43 %
PORTUGAL	86,62 %	8,71 %	4,67 %

1.2.5 La consommation d'énergie dans le transport de marchandises (4)

Dans la mesure où les transports maritime et aérien ne sont pas pris en compte, les données sur la consommation d'énergie dans le transport de marchandises sont forcément incomplètes. L'indisponibilité de données sur la consommation générée par le transport par mer empêche une évaluation complète du phénomène ; or nul doute que celle-ci aurait été significative dans la mesure où le transport maritime représente une part importante de l'ensemble du trafic marchandises de nombre de pays et pourrait, en outre, devenir un substitut valable, sur le plan énergétique et environnemental, du transport routier. En revanche, on considère comme marginale et négligeable l'incidence de la consommation d'énergie imputable au transport intérieur de marchandises par avion.

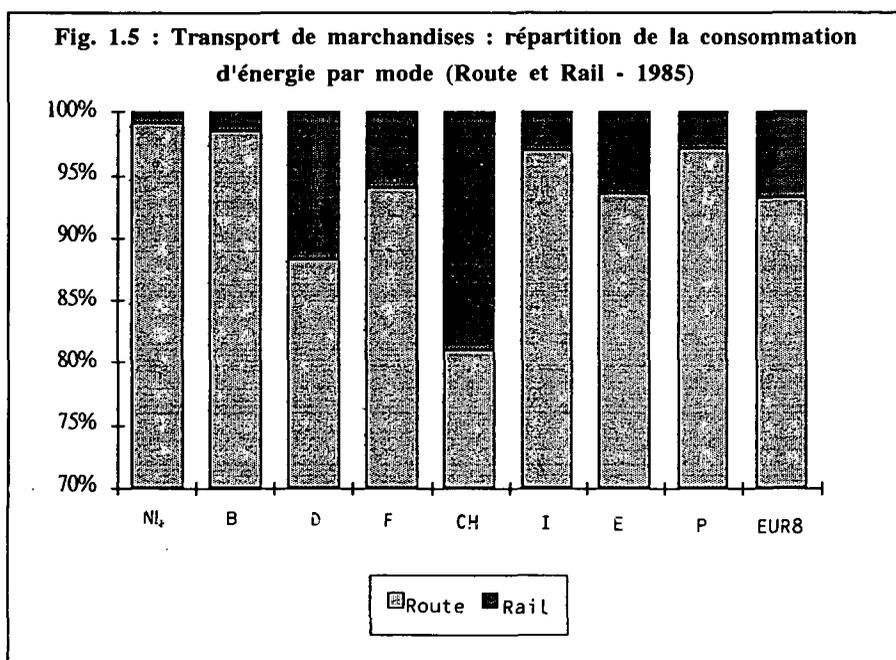
Concernant, enfin, le transport par oléoduc, les rares données dont on dispose n'en reflètent pas la haute efficacité énergétique. En effet, pour un volume de trafic variant entre 4 et 7 % du total, la consommation ne dépasse pas 1 % en moyenne. Par conséquent, même en tenant compte des limites intrinsèques de ce type de technologie (manque de souplesse, coûts d'investissement élevés etc.), il représente le moyen le plus efficace de transport des produits énergétiques.

Si l'on s'en tient, donc, aux seules données disponibles relatives au transport par route et par rail, la primauté absolue de la consommation d'énergie imputable au transport par route par rapport au transport par chemin de fer saute aux yeux (cfr.fig. 1.5. et Tab. 1.9). Même si l'on devait réviser la part de consommation relative au transport routier au vu des données sur le

⁴ Les données relatives à la consommation d'énergie sont exprimées en termes d'énergie primaire

transport maritime, il ne fait aucun doute que cette consommation occupe une part prépondérante de l'énergie utilisée dans le transport de marchandises.

La Suisse constitue, à ce propos, un cas intéressant : c'est, en effet, le seul pays pour lequel la consommation d'énergie générée par le transport de marchandises correspond sans conteste à la consommation totale. En effet, les camions, qui assurent le transport de 50 % du total des marchandises, consomment 80 % de l'énergie totale utilisée. Les données relatives à 1988 traduisent une tendance générale à la croissance de la consommation imputable au transport par route.



Tab.1.9 Transport de marchandises : répartition de la consommation d'énergie par route et par chemin de fer (en %)

	Route		Rail	
	1985	1988	1985	1988
EUR8	93,23 %		6,77 %	
EUR6	93,54 %	94,46 %	6,46 %	5,54 %
PAYS-BAS	99,13 %	99,18 %	0,87 %	0,82 %
BELGIQUE	98,48 %	98,98 %	1,52 %	1,02 %
ALLEMAGNE	88,23 %	89,61 %	11,77 %	10,39 %
FRANCE	94,02 %	95,25 %	5,98 %	4,75 %
SUISSE	80,96 %	-	19,04 %	-
ITALIE	96,96 %	96,86 %	3,04 %	3,14 %
ESPAGNE	93,55 %	-	6,45 %	-
PORTUGAL	97,15 %	97,27 %	2,85 %	2,73 %

1.3 LES CONSOMMATIONS UNITAIRES

1.3.1 L'efficacité énergétique dans le transport de passagers et de marchandises pour l'ensemble des Etats COST

Pour les Etats COST, la consommation moyenne unitaire totale, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie totale utilisée dans le transport routier et ferroviaire de passagers et les volumes de trafic correspondants, est égale à 36,46 kTEP/10⁹ passagers-km. Ce chiffre, qui n'inclut pas les transports aérien et maritime (faute de données fiables relatives aux consommations de ces deux modes, notamment dans la désagrégation marchandises-passagers), devrait être assez représentatif de l'efficacité énergétique totale du transport de passagers dans l'Europe occidentale.

Dans le transport de marchandises, la consommation unitaire moyenne relative au trafic par route et par chemin de fer est égale à 55,35 % kTEP/10⁹ tonnes-km. Contrairement au transport de passagers, cette valeur qui, on l'a vu plus haut, ne tient pas compte de la consommation et du volume de trafic du transport maritime, n'est pas pleinement représentative de l'efficacité énergétique du transport de marchandises. En effet, selon les données disponibles, le trafic marchandises par mer représente au total 181 10⁹ tonnes-km ; si l'on évalue l'efficacité moyenne pour ce type de transport à 10 kTEP/10⁹ tonnes-km, on obtiendrait une consommation unitaire totale pour les pays considérés de l'ordre de 45,5 kTEP/10⁹ tonnes-km, soit 18 % de moins environ que la consommation imputable au seul transport terrestre.

La comparaison entre les consommations unitaires moyennes du transport de passagers et de marchandises avec les valeurs propres à des modes moins efficaces, ou bien le transport privé de passagers (40,75 kTEP/10⁹ passagers-km) avec celui des marchandises par route (66,15 Tep/10⁹ Tonnes-km), met en lumière deux réalités différentes. En effet, alors que la consommation unitaire moyenne du transport de passagers est voisine de celle du transport automobile, la consommation unitaire moyenne du transport de marchandises (en prenant en compte le transport maritime) est de 30 % environ inférieur à celle de la route.

En effet, dans le transport de passagers plus que dans celui de marchandises, c'est le mode de transport moins efficace qui a prévalu au fil du temps. Peut-être parce que le premier subit beaucoup moins les contraintes des lois et comportements liés à la productivité et aux économies de gestion. Ces considérations appellent une réflexion : à savoir que des mesures éventuelles d'économies d'énergie doivent viser à freiner la demande dans le cas du transport de passagers et, au contraire, à élargir l'offre en ce qui concerne le transport de marchandises. En effet, il est raisonnable de dire que plus un secteur d'activité subit les contraintes de lois

économiques, plus il adoptera des comportements de gestion rationnelle. Au contraire, un secteur d'activité où prédominent des comportements liés à des motivations qui ne sont pas directement monnayables (la mode, les loisirs, le tourisme) devra être dirigé à l'aide de mesures tendant à en limiter la liberté d'action ou à en canaliser le développement.

1.3.2. Les consommations moyennes unitaires : analyse des valeurs totales et des valeurs par pays au niveau du trafic national.

Aux pages 23 et 28, 4 tableaux (Tab.1.10, 1.11, 1.13 et 1.14) rassemblent les données, pour 1985 et 1988, des consommations unitaires relatives au transport de passagers et de marchandises des Etats COST. Comme à chaque fois, les tableaux correspondant aux années 1985 indiquent les données pour 8 des neuf pays COST (5), celles de 1988 pour 6 pays.

Dans chaque tableau, la rubrique **EUR8(ou EUR6)** donne la consommation moyenne unitaire de l'ensemble des pays analysés et la rubrique **MOYENNE8 (ou MOYENNE6)** la consommation unitaire moyenne par pays. D'emblée, on remarquera que les valeurs de ces rubriques sont très voisines dans le cas du transport de passagers et divergent dans celui des marchandises. Un tel résultat est probablement dû à une moindre dispersion, entre les différents pays, des valeurs des consommations unitaires dans le transport de passagers par rapport à celui des marchandises (phénomène déjà analysé au paragraphe précédent).

Comme dans les tableaux illustrant la répartition modale, une troisième ligne a été insérée dans les tableaux pour 1988 : elle indique, pour le même groupe de pays et de façon à faciliter la comparaison entre les années, les consommations moyennes unitaires de 1985 (EUR6-85).

La lecture de ces tableaux fait ressortir les éléments significatifs suivants :

1) Au niveau des consommations unitaires agrégées (EUR8 et EUR6):

- a) La comparaison des données EUR6 de 1988 et 1985 fait apparaître une légère baisse de l'efficacité énergétique, vraisemblablement due à l'accroissement de la part du transport routier. Par analogie avec ce qui a été dit au paragraphe 1.3.1, la prise en compte du transport maritime ramènerait les 62,23 kTEP/10⁹ tonnes-km de 1985 et 64,40 kTEP/10⁹ de 1988 indiquées dans le tableau 1.14 à environ 53 et 54 kTEP/10⁹

5 La Yougoslavie n'ayant fourni de données ni sur le transport privé de passagers, ni sur les consommations nationales de la section marchandises, il n'a pas été possible de l'inclure.

tonnes-km. L'incidence sur le trafic maritime évaluée sur huit pays, dont l'Espagne, est encore plus spectaculaire (45,5 kTEP/10⁹ tonnes-km) En Espagne, en effet, le transport de marchandises par mer est égal à environ 40 % du total du transport maritime de marchandises des Etats COST.

- b) La consommation unitaire EUR8 imputable au transport privé de passagers par route est 2,5 fois supérieure à celle du transport routier collectif et 1,9 fois supérieure à celle du transport ferroviaire, tandis que, pour le transport de marchandises, le rapport route-rail est de 4:1.
- c) La consommation unitaire du transport collectif de passagers par route est de 26 % inférieure à celle du transport ferroviaire où, on s'en souvient, la consommation d'énergie électrique est exprimée en termes d'énergie primaire.

2) Au niveau national :

- a) Les consommations unitaires semblent assez homogènes dans le transport privé de passagers, exception faite de l'Allemagne, et plus disparates dans le transport collectif, routier et ferroviaire. Cette situation est illustrée par les figures 1.6, 1.7 et 1.8 et les tableaux 1.10 et 1.11, qui reproduisent, pour chacun de ces trois modes, la valeur des consommations unitaires des 8 Etats COST par rapport à la valeur moyenne.

La figure 1.6 révèle que les consommations unitaires les plus élevées sont celles du transport privé en Allemagne et au Portugal, où elles atteignent respectivement 54,89 et 45,36 kTEP/10⁹ passagers-km, et que les autres pays fournissent des valeurs inférieures oscillant entre 32,45 kTEP/10⁹ passagers-km en l'Espagne, et 39,45kTEP/10⁹ passagers-km en Suisse.

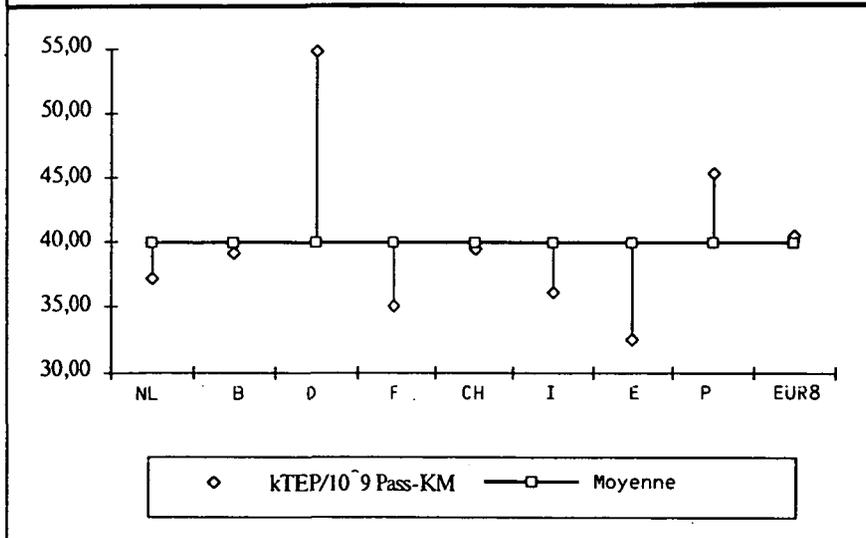
Pour permettre une analyse plus détaillée des causes de ces différences, le tableau 1.12 reproduit les principaux indicateurs relatifs à la consommation et au parc automobile des 8 Etats COST. Dans l'ensemble, il semble y avoir une certaine correspondance entre les valeurs indiquées dans le tableau, même si une première analyse et les données disponibles ne font pas apparaître de liens directs entre les consommations unitaires et les autres indicateurs. Ce qui, en revanche, est plus manifeste, c'est le lien entre les consommations de combustible (essence et gasoil) pour automobiles et la structure du parc : les pays dans lesquels les véhicules de cylindrée supérieure à 1400 cm³ représentent plus de la moitié du parc (et, parmi ceux-ci, il semble légitime d'inclure la France) enregistrent une consommation annuelle par automobile comprise entre 900 et

1000 kg de carburant, alors que les pays dotés d'un parc automobile essentiellement composé d'automobiles de petite cylindrée (l'Italie et, vraisemblablement, l'Espagne) déclarent consommer environ 700 kg par automobile.

Le Portugal constitue une exception à cette règle : bien que faisant état d'un pourcentage plus faible de voitures de cylindrée moyenne-élevée, il signale une consommation par automobile de plus de 800 kg par an de carburant. L'âge moyen du parc automobile portugais, plus ancien de 2 ans environ que celui des autres pays, pourrait en être la cause. Ainsi s'expliquerait également, en partie, la consommation unitaire élevée de ce pays.

Il est moins facile d'identifier la cause de la forte consommation unitaire de l'Allemagne. Bien que son parc automobile soit analogue à celui de la Suisse et, probablement, de la Hollande, l'Allemagne déclare une consommation spécifique moyenne inférieure à celle de la Suisse. Une des raisons possibles serait le nombre de passagers par automobile, qui diffère dans les deux pays, et le fait que, jusqu'en 1988, la vitesse n'était pas limitée sur les routes allemandes.

Fig. 1.6: Transport de passagers : Consommations unitaires d'énergie dues au trafic privé par route (1985)



Tab. 1.10 Transport de passagers: consommation unitaire d'énergie - 1985
(kTEP/10⁹ passagers-km)

	Route		Rail	Total transport terrestre
	Privé	Collectif		
EUR8	40,57	16,01	21,70	36,46
MOYENNES	39,96	15,15	20,01	35,06
PAYS-BAS	37,23	22,38	22,99	35,65
BELGIQUE	39,11	16,64	17,40	35,54
ALLEMAGNE	54,89	17,15	31,31	49,22
FRANCE	35,08	20,00	18,08	32,45
SUISSE	39,45	4,17	23,87	35,04
ITALIE	36,20	17,25	20,00	32,43
ESPAGNE	32,45	10,41	14,72	27,68
PORTUGAL	45,36	13,22	11,72	32,48

Tab.1.11 Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie - 1988
(kTEP/10⁹ Pass-km)

	Route		Rail	Total transport terrestre
	Privé	Collectif		
EUR6	42,22	17,83	21,83	38,35
MOYENNE6	42,42	18,25	19,86	37,36
EUR6-85	41,67	17,65	22,31	37,73
PAYS-BAS	36,49	27,25	22,61	35,23
BELGIQUE	39,76	15,95	15,63	36,42
ALLEMAGNE	55,44	17,73	32,38	50,53
FRANCE	37,29	16,23	18,00	34,03
ITALIE	34,38	19,17	17,95	31,22
PORTUGAL	51,27	13,16	12,59	36,73

Tab. 1.12 Comparaison des principales données du transport privé 1985

	Consommation unitaire kTEP/ 109 passr-km	kg de carburant par voiture et par année kg	Consommation spécifique		% automobiles >1.400 cm3 par rapport au total %	Age moyen du parc années	Parcours moyen km
			essence. l/100 km	Diesel l/100 km			
NL	37,23	1.016	8,3	7,0	-	5,9	13 463
B	39,04	923	8,6	7,6	43,14 %	5,5	15 019
D	54,89	1.023	9,8	6,7	62,65 %	5,9	13 300
F	35,08	751	8,8	7,0	67,61 %	6,0	12 600
CH	39,45	979	10,2	8,8	67,74 %	5,2	12 746
I	36,20	690	8,5	7,5	19,64 %	6,2	9 388
E	32,45	744	8,8	7,5	-	-	9 599
P	45,36	809	9,4	9,1	14,61 %	8,2	10 062

Dans le transport collectif par route (Fig. 1.7), les minima sont atteints par la Suisse et l'Espagne avec respectivement 4,17 et 10,4 kTEP/109 passagers-km et les maxima par les Pays-Bas et la France avec 22,4 et 20,00 kTEP/109 passagers-km,. Les valeurs 1988 confirment grosso modo ce tableau. Les données dont on dispose ne permettent pas d'expliquer ces écarts par rapport aux valeurs fournies par les autres pays, lesquelles sont relativement homogènes et proches de la moyenne (15,15 kTEP/109 passagers-km).

Pour le transport par chemin de fer (Fig.1.8), les valeurs varient entre le minimum du Portugal et le maximum de l'Allemagne dans un rapport de 1:2,7. Les différences peuvent être imputables non seulement à l'inégalité des taux d'occupation, mais aussi à l'inégale pénétration de la traction électrique (en termes primaires), plus efficace que la Diesel. On trouve, en effet, les valeurs plus élevées dans les pays où prédomine la traction électrique (près de 100 % pour les Pays-Bas et la Suisse) et les moins élevées au Portugal, où 40 % environ du trafic ferroviaire est assuré par la traction Diesel.

Fig. 1.7 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic collectif par route (1985)
 (la consommation d'énergie est évaluée en énergie primaire)

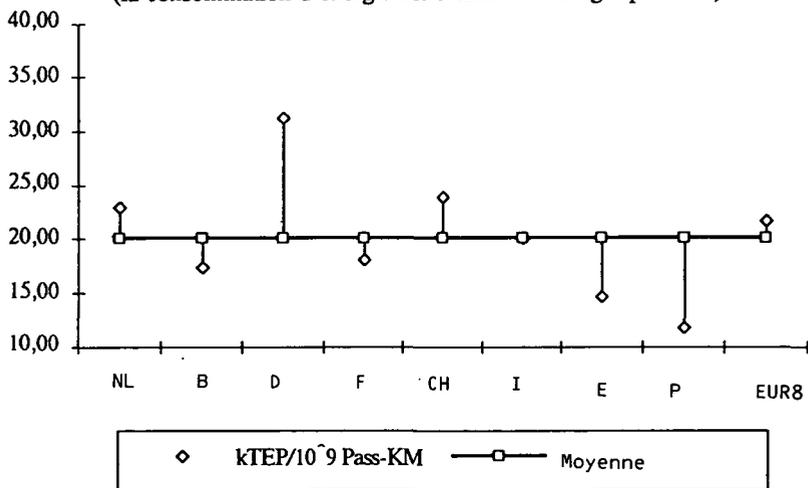
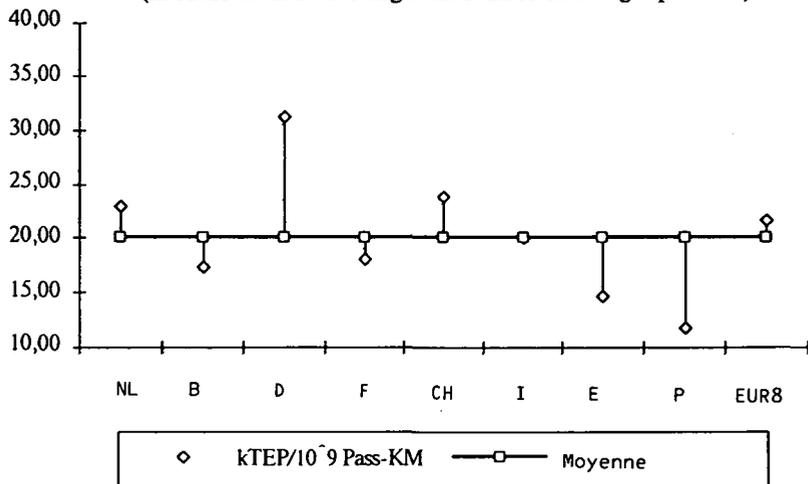


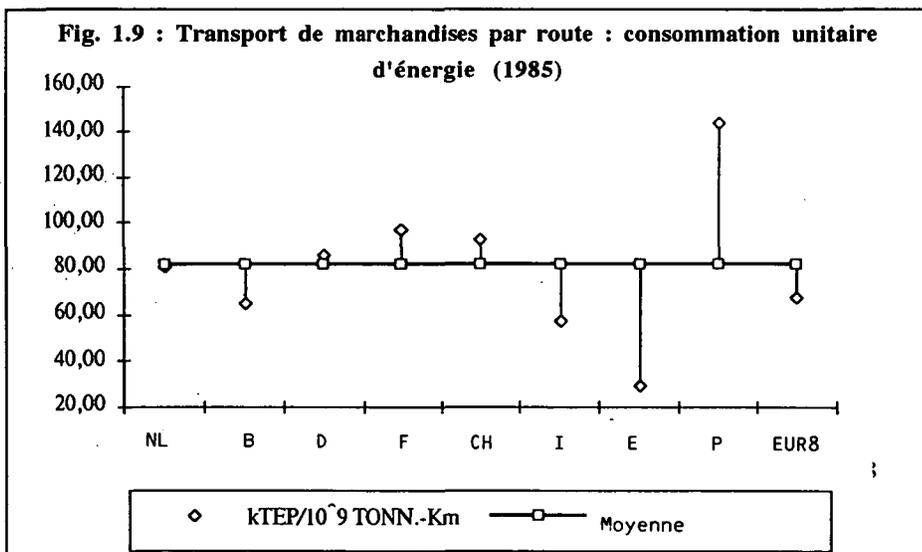
Fig. 1.8 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic ferroviaire (1985)
 (la consommation d'énergie est évaluée en énergie primaire)



- b) Dans le transport de marchandises par route, c'est au Portugal que l'on trouve la valeur la plus élevée avec 143,7 kTEP/10⁹ tonnes-km et en Espagne la moins élevée avec 29 kTEP/10⁹ tonnes-km (Fig.1.9). Les autres pays affichent des valeurs relativement homogènes de l'ordre de 75-80 kTEP/10⁹ tonnes-km. Les données de 1988 ne font pas apparaître de différences importantes depuis 1985.

Les écarts entre les valeurs rencontrées peuvent résulter d'une multiplicité de facteurs, parmi lesquels la charge utile moyenne du parc utilitaire est déterminante.

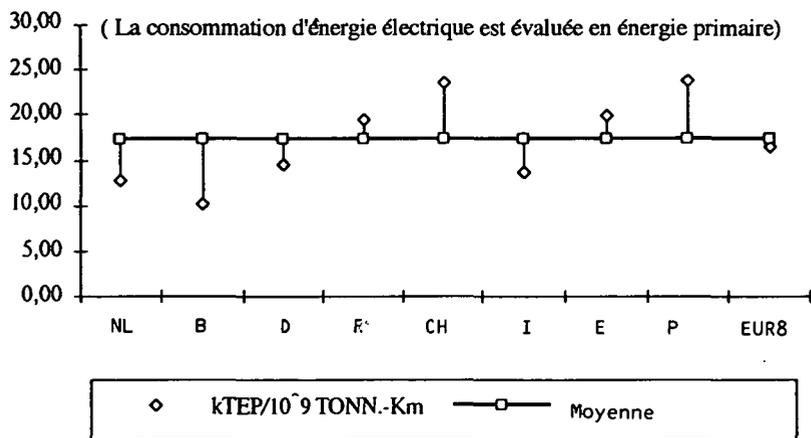
Les valeurs reproduites ici correspondent à la consommation unitaire au niveau national ; elles reflètent, bien évidemment, la consommation de l'ensemble du parc de véhicules utilitaires, véhicules dont la charge et la consommation unitaire varient profondément selon qu'ils effectuent des transports urbains ou interurbains. Il ressort d'une étude détaillée réalisée en France que la consommation unitaire des véhicules utilitaires français est égale à 458 kTEP/10⁹ tonnes-km en cycle urbain (fourgons et camions de petite dimension) et à 53,4 kTEP/10⁹ tonnes-km, soit environ 8,5 fois moins, en cycle interurbain (distances supérieures à 50 km).



Il en résulte que l'efficacité du transport de marchandises est directement proportionnelle à la charge utile moyenne du parc commercial. A partir de là, on peut considérer que la consommation unitaire du Portugal, telle qu'elle a été signalée, dépend du fait que le transport de marchandises y est principalement assuré par de petits moyens de transport. A l'inverse, le chiffre italien, relativement plus bas que la moyenne des autres pays, peut s'expliquer par le fait que 66 % du transport (en tonnes-km) y est assuré pour compte d'autrui (pourcentage qui tombe à 30 % au Portugal), en utilisant prioritairement des véhicules de moyenne à grande dimension sur longue distance. Concernant, enfin, le chiffre espagnol, son écart excessif par rapport aux valeurs des autres pays conduit à penser qu'il serait sous-évalué.

Les considérations sur le transport de marchandises par rail (Fig. 1.10) valent également pour le transport de passagers, sauf que, dans ce cas, l'efficacité énergétique du transport est déterminée par le taux de remplissage des véhicules plus que le rapport traction-électrique - traction Diesel.

**Fig.1.10 : Transport de marchandises par chemin de fer :
consommation unitaire d'énergie (1985)**



Tab.1.13 Transport de marchandises : consommation unitaire d'énergie -1985 (kTEP/10⁹tonnes-km)

	Route	Rail	Total transport marchandises
EUR8	66,95	16,35	16,35
MOYENNE 8	81,37	17,16	66,86
PAYS-BAS	80,54	12,32	76,84
BELGIQUE	64,90	10,20	60,01
ALLEMAGNE	85,70	14,43	54,19
FRANCE	97,06	19,44	78,36
SUISSE	92,88	23,61	59,59
ITALIE	57,20	13,75	52,19
ESPAGNE	29,00	19,88	28,17
PORTUGAL	143,67	23,66	125,50

Tab.1.14 Transport de marchandises : consommation unitaire d'énergie - 1988(kTEP/10⁹tonnes-km)

	Route	Rail	Total transport marchandises
EUR6	78,49	15,87	64,40
MOYENNE6	84,56	15,48	72,91
EUR6-85	78,38	15,61	62,23
PAYS-BAS	70,80	12,26	68,13
BELGIQUE	54,73	8,75	51,93
ALLEMAGNE	82,19	14,25	54,96
FRANCE	99,43	20,13	83,77
ITALIE	59,34	15,29	54,42
PORTUGAL	142,67	22,19	124,23

1.3.3 Les consommations moyennes unitaires : analyse des valeurs globales et des chiffres par pays, au niveau du trafic urbain et interurbain

Les 4 tableaux suivants (Tab.1.15 - 1.18) donnent les consommations unitaires relevées en 1985 et 1988 sur les parcours urbains et interurbains, dans quatre des 9 Etats Cost. Comme dans les tableaux précédents, la consommation moyenne unitaire (EUR4).est reproduite à titre de comparaison à la première ligne.

Les variations entre 1985 et 1988 ne semblent pas significatives, pouvant être absorbées dans la marge de fiabilité statistique des données (notamment à ce niveau de désagrégation).

Dans l'ensemble, il apparaît que le transport de passagers en zone urbaine est 1,6 fois moins efficace que le transport collectif interurbain et que cet écart est, dans la pratique, entièrement imputable au transport privé. L'efficacité du transport privé est environ 2,7 fois inférieure à celle du transport collectif (que ce soit par route ou par rail) en milieu urbain, mais l'écart est plus faible au niveau interurbain, où il n'est plus que de 1,6. Autrement dit, un kg équivalent pétrole (kEP), permet de déplacer en ville 20 personnes environ en voiture et 55 en autobus ou tramway. En revanche, sur les parcours interurbains, il faut un kEP pour 33 passagers-km en voiture et environ 57 par transport collectif.

Dans les transports en commun, les différences sont dans l'ensemble minimales entre le cycle urbain et interurbain, mais plus importantes entre les 4 pays. Les données font apparaître, en effet, que le rendement élevé atteint par les transports publics et collectifs au Portugal est de 2 à 3 fois plus élevé qu'aux Pays-Bas, et d'environ 1,5 fois plus qu'en France et en Italie. Les données sont illustrées selon les procédés habituels dans les figures 1.11, 1.12, 1.13 et 1.14.

Fig. 1.11 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic urbain privé par route (1985)

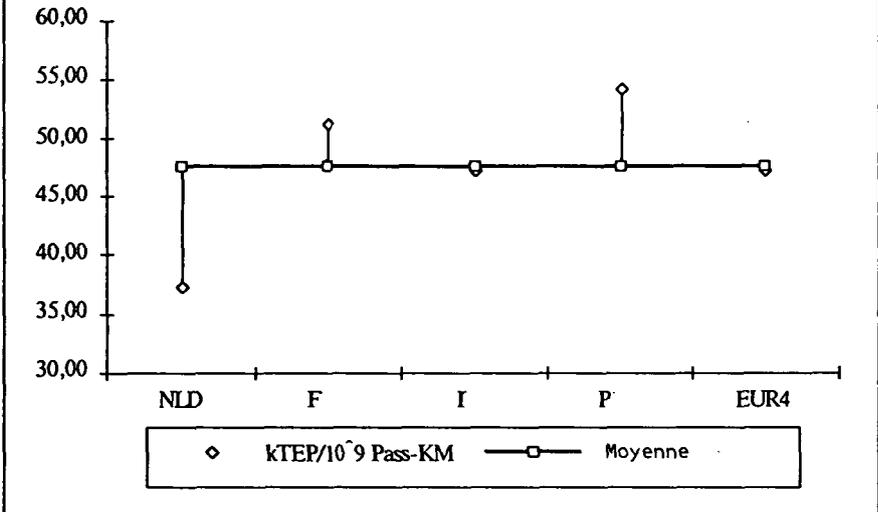


Fig. 1.12 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic interurbain privé par route (1985)

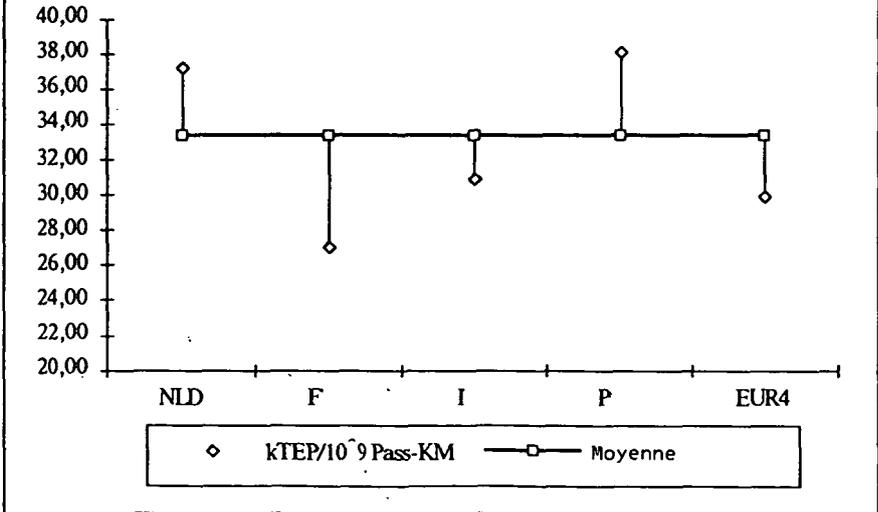


Fig. 1.13 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic urbain collectif par route (1985)

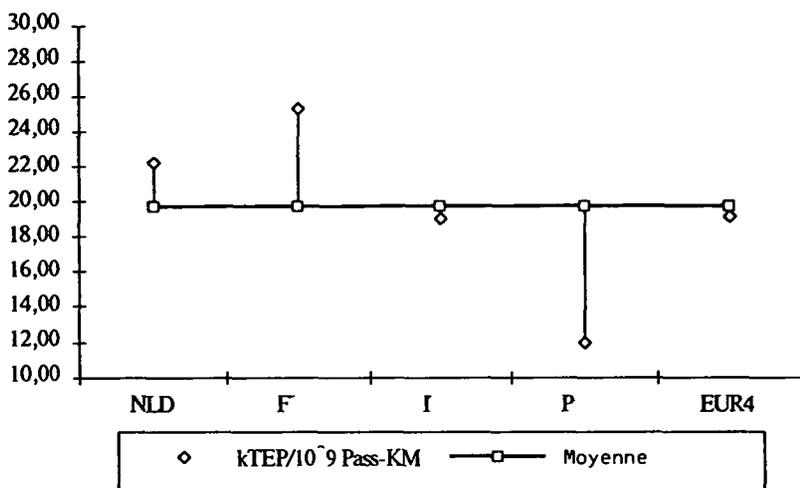
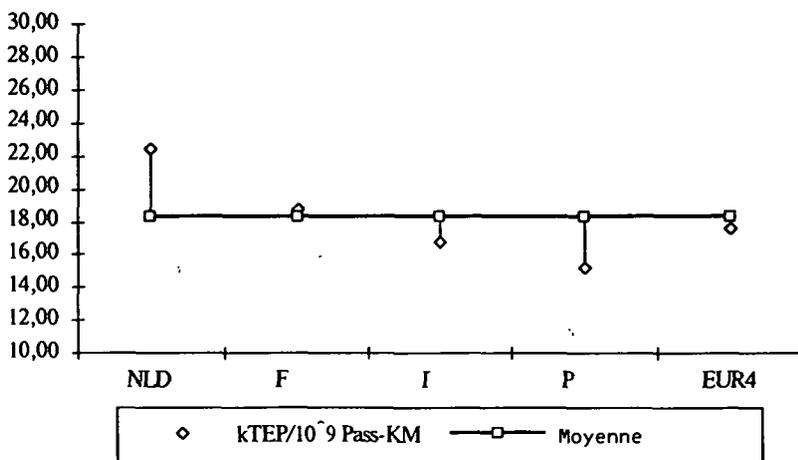


Fig. 1.14 : Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic interurbain collectif par route (1985)



Tab. 1.15 Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic urbain - 1985 (kTEP/10⁹ passagers-km)

	Privé	Collectif		Total Urbain
		Route	Tramway-Métro	
EUR4	48,41	19,13	17,49	44,24
PAYS-BAS	37,21	22,26	32,39	36,72
FRANCE	51,19	25,35	18,18	47,39
ITALIE	47,25	18,99	16,41	43,44
PORTUGAL	54,15	11,98	11,57	34,16

Tab.1.16 Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic interurbain - 1985 (kTEP/10⁹ passagers-km)

	Privé	Collectif		Total interurbain
		Route	Rail	
EUR4	29,86	17,58	19,18	27,54
PAYS-BAS	37,24	22,41	21,67	35,22
FRANCE	27,03	18,73	18,07	25,47
ITALIE	30,88	16,72	20,45	27,81
PORTUGAL	38,05	15,19	11,93	30,64

Tab.1.17 Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic urbain - 1988 (kTEP/10⁹ passagers-km)

	Privé	Collectif		Total Urbain
		Route	Tramway-Métro	
EUR4	48,13	18,13	17,87	44,30
PAYS-BAS	36,48	27,30	31,33	36,09
FRANCE	52,94	25,64	18,23	48,99
ITALIE	44,47	16,43	18,08	41,52
PORTUGAL	59,64	12,00	12,12	38,27

Tab.1.18 Transport de passagers : consommation unitaire d'énergie du trafic interurbain - 1988 (kTEP/10⁹ passagers-km)

	Privé	Collectif		Total Interurbain
		Route	Rail	
EUR4	29,54	17,93	18,16	27,24
PAYS-BAS	33,31	25,51	21,75	32,11
FRANCE	28,10	14,08	17,93	26,02
ITALIE	29,47	19,82	17,96	26,96
PORTUGAL	43,99	15,12	13,40	35,08

1.4 LES ZONES CRITIQUES

De l'analyse des données du trafic et de la consommation d'énergie dans les 8 Etats COST, il est possible de tirer un certain nombre de conclusions :

Des différences, comme il est naturel, apparaissent dans la structure des trafics, et par là même, de la consommation des différents pays ; ces disparités sont plus marquées dans le transport de marchandises, en raison essentiellement de la tradition plus ou moins ancienne des Etats COST en matière d'organisation industrielle et commerciale. Les pays de plus ancienne industrialisation, comme ceux l'Europe du Nord, présentent une structure plus solide et efficace en ce qui concerne les transports (notamment de marchandises) ferroviaires ou maritimes. Les pays ibériques, et tout particulièrement le Portugal, connaissent une situation en pleine évolution, mais encore comparable à celle, par exemple, de l'Italie des années 70 (faible mobilité et bon équilibre public-privé). L'Italie se situe dans une position intermédiaire avec des volumes de trafic et de consommation comparables à ceux de la France et de l'Allemagne ; toutefois, son système d'infrastructures a indéniablement privilégié le développement du transport routier au détriment du transport ferroviaire et maritime.

En revanche, l'absence de politique incisive d'économie d'énergie dans le secteur (6) est commune à tous les pays analysés. Si une prise de conscience du problème existe incontestablement, il reste à mettre en place des lignes organiques d'action susceptibles de contrer efficacement la tendance généralisée à la baisse (ou du moins à la non amélioration) de l'efficacité énergétique du secteur. Telle est, en effet, la donnée évidente qui ressort de la comparaison des consommations unitaires de 1985 à 1988, comme aussi, sur la même période, de la part de la demande d'énergie imputable au transport dans la demande totale (cfr. par.1.3.3).

Deux indices sont révélateurs de cette tendance à la détérioration de l'efficacité énergétique :

- la croissance pratiquement générale de la consommation unitaire dans le transport par route :
- la tendance du trafic passagers et marchandises à abandonner le rail ou la voie maritime au profit de la route (accompagnée de l'augmentation de la part du marché du transport aérien).

6 Il convient, toutefois, de rappeler que la France, dans la période 80-88, a investi dans ce secteur environ 70 millions de francs par an.

1.4.1 Les zones critiques du transport de passagers

A notre sens, le transport de passagers, on l'a vu au paragraphe 1.2.1, ne présente pas de situations particulièrement déséquilibrées d'un pays à l'autre ; sauf que, mis à part le cas du Portugal, le transport collectif semble sous-employé.

Dans le domaine du seul transport privé par route, c'est l'Allemagne qui connaît la situation la plus critique, détenant le record de consommation unitaire (55,44 kTEP-109 passagers-km, tab 1.11) par rapport à l'ensemble des Etats COST. L'Allemagne a, cependant, décidé de lancer un train de mesures législatives et fiscales visant à réduire tant le taux d'accroissement du trafic privé que la consommation d'énergie automobile. Si, par hypothèse, l'Allemagne parvenait, grâce à des dispositions adéquates, à rapprocher la consommation unitaire de son transport privé de passagers de celui de la Suisse (environ 40 kTEP/109 passagers-km), pays où la structure du parc automobile est comparable, elle réaliserait, sur la base du trafic 1988, une économie annuelle égale à environ 8,6 MTEP de carburant.

Il n'en reste pas moins qu'en dehors des mesures que l'Allemagne, comme d'autres pays COST, peuvent adopter en vue d'améliorer l'efficacité du transport routier privé, un effort commun doit être entrepris pour revenir au transport collectif, notamment en milieu urbain, compte tenu du niveau d'engorgement désormais atteint par toutes les métropoles européennes.

Pour ce qui est du transfert éventuel du trafic privé vers le transport collectif, il n'est pas dit qu'il faille entendre ce dernier uniquement dans le sens de trafic par chemin de fer. En effet, on a vu que le transport ferroviaire est moins avantageux, en termes strictement d'énergie, que le transport collectif par route (celui-ci étant, d'un autre côté, plus polluant que le premier). Au plan de l'environnement, le transport ferroviaire (avec traction électrique) convient d'autant mieux que la part du pétrole ou du charbon dans la production d'électricité est plus faible.

Sans vouloir approfondir la question de l'intérêt stratégique d'un mode collectif par rapport à un autre, dans la mesure où interviennent des variables relatives aux infrastructures de chaque pays et considérant que les deux modes devraient être développés chacun dans son contexte de marché⁷, nous indiquons ci-après les économies que chaque Etat COST pourrait réaliser en transférant 1% du trafic privé au trafic collectif (ce pourcentage de 1% correspond, à quelques faibles variations près d'un pays à l'autre, à un accroissement moyen de 8% environ du déplacement collectif même, données 1985).

⁷ Pour les grands Etats, l'évolution naturelle du rail va ainsi dans le sens de la grande vitesse, et celle des autobus vers un renforcement des trafics à moyen et courte distance, notamment dans le cas de liaisons peu desservies par le chemin de fer.

Tab. 1.20 Economie d'énergie réalisable en un an par le transfert de 1% du volume de trafic du privé au collectif (autobus et chemin de fer)

TEP	
EUR8	417.346
NL	17.199
B	11.028
D	149.623
F	86.706
CH	13.876
I	73.182
E	44.193
P	8.468

1.4.2 Les zones critiques dans le transport de marchandises

L'observation des données relatives à la répartition modale du transport de marchandises montre que c'est la Belgique qui connaît la plus mauvaise situation (trafic routier = 79,4 %), suivie de l'Italie (74,5 %), du Portugal (71 %) et des Pays-Bas (70 %).

Il faut, toutefois, considérer que le chemin de fer peut soutenir la concurrence de la route sur les distances supérieures à 3-400 km (davantage encore pour ce qui est du transport maritime), c'est-à-dire sur des distances de loin supérieures à celles qui séparent les principaux centres des deux pays du nord de l'Europe et, en partie, du Portugal. Il convient d'ajouter que, pour des raisons de géographie physique et morphologique, la Belgique et les Pays-Bas ont la possibilité d'utiliser pour le transport de marchandises, dans une bien plus grande proportion que l'Italie et le Portugal, leurs voies navigables intérieures. Les modes de transport de marchandises par chemin de fer et par mer conviennent tout particulièrement à l'Italie, où des investissements importants sont prévus, au cours des prochaines années, pour le développement de structures ferroviaires, portuaires et d'échange intermodal.

A titre d'exemple, est reproduit le scénario de développement du trafic de marchandises pour l'Italie, introduit dans le modèle MEDEE-ENV (voir PARTIE 2, chapitre 4). Ce scénario prévoit un fort accroissement du cabotage et une progression sensible du transport ferroviaire de marchandises à compter de l'ane 2000 (date à laquelle la ligne à grande vitesse des chemins de fer italiens sera opérationnelle). Selon ces prévisions, la répartition modale des trafics devrait être la suivante :

Tab. 1.19 Répartition du transport de marchandises en Italie selon MEDEE-ENV (en %)

	1990	1995	2000	2010	2020
Route	73,45%	72,19%	70,42%	65,98%	61,91%
Rail	9,68%	10,13%	10,45%	11,27%	11,80%
Mer	16,88%	17,68%	19,13%	22,75%	26,28%
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	%	%	%	%	%

Sur la base de cette répartition, les économies réalisables (par rapport à une évolution des trafics présentant la même répartition modale qu'en 1990) pourraient devenir considérables à compter de la première décennie du prochain siècle ⁸ :

Economies d'énergie réalisables (MTEP)

	1990	1995	2000	2010	2020
Total trafic marchandises	0,0	0,1	0,3	0,8	1,3

Dans le domaine du transport de marchandises sur route, enfin, c'est le Portugal qui connaît la situation la plus critique, avec une consommation unitaire égale au double de la valeur pondérée EUR8 (Tableaux 1.13 et 1.14). Cette situation résulte du fort déséquilibre entre le transport pour compte propre et pour compte d'autrui. Toutefois, le Portugal envisage d'économiser, grâce à des mesures adéquates, 5 TEP/an par point de pourcentage de trafic de marchandises transféré du transport pour compte propre au transport pour compte d'autrui (voir par. 2.6).

La distribution à courte distance est une autre activité qui pose problème. Ce secteur du transport de marchandises est caractérisé par des consommations unitaires élevées (par. 1.3.2. b) et par l'absence de modes concurrents. Des mesures en matière de gestion et d'organisation (voir chap.6, para.6.2.4) seraient sans doute le meilleur moyen d'améliorer l'efficacité énergétique du secteur de la distribution des marchandises.

⁸ Le calcul des économies d'énergie prend en compte une diminution des consommations unitaires dans le transport sur route induites par d'éventuelles améliorations technologiques et organisationnelles du transport lui-même.

2. LES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES ETATS COST: SYNTHESE DES POLITIQUES NATIONALES

2.1 PAYS-BAS

La politique néerlandaise en matière d'économie d'énergie s'articule essentiellement autour des lignes stratégiques suivantes :

- aucune rupture d'approvisionnement en pétrole et en gaz n'est envisagée pour les 40 prochaines années (à supposer que le modèle de consommation confirme, sur cette période, les tendances actuelles) ;
- les prix de l'énergie restent peu élevés (en augmentation lente, telle qu'on peut l'observer à l'heure actuelle) ;
- une attention particulière sera accordée à l'impact sur l'environnement et à la conservation de l'énergie.

En conséquence, les tout récents projets politiques attachent une grande importance aux préoccupations environnementales précédemment évoquées, en particulier à l'effet de serre. Ces plans sont les suivants :

- le plan national de politique environnementale (NMP +), approuvé en 1990 ;
- le plan pour la conservation de l'énergie, approuvé en 1990 ;

et, plus spécifiquement dans le secteur des transports :

- le second plan concernant la structure des transports (SVV II), également approuvé en 1990.

Il est à noter que seul le transport routier a été pris en compte dans les objectifs, partant de l'hypothèse (discutable) que les autres moyens de transport auraient un moindre impact énergétique et que les restrictions ne devraient pas être trop importantes, sous peine de voir l'incitation au transfert du transport routier en direction du rail, par exemple, perdre toute son efficacité.

En vue d'atteindre les objectifs fixés (soit une réduction de 10 % des émissions de gaz carbonique (CO₂) d'ici à l'an 2000, en prenant pour base l'année 1986), trois catégories de mesures ont été prises :

1. Mesures visant à la rationalisation de l'usage de la voiture et du camion, subdivisées en :

- mesures appelées à avoir un impact sur les infrastructures (instruments nouveaux d'aménagement du territoire et d'urbanisme, nouvelles politiques d'implantation des immeubles résidentiels et des immeubles de bureaux, accroissement des investissements dans le transport public, diminution des investissements dans les infrastructures routières) ;
- mesures fiscales et économiques visant à décourager l'usage de la voiture (hausse des péages, aides aux projets de transport collectif, taxes spécifiques pour les personnes qui se rendent en voiture à leur travail) ;
- mesures fiscales, et économiques, visant à favoriser l'utilisation des petites cylindrées.

2. Mesures techniques

Ce type de mesures aura un impact négligeable, compte tenu de la faible implication des Pays-Bas dans l'industrie automobile.

3. Mesures liées au comportement, concernant:

- contrôle technique obligatoire des voitures particulières
- information des usagers
- rationalisation de la distribution des marchandises (par exemple pour éviter les voyages à vide des camions)
- fixation de limitations de vitesse et mesures destinées à en assurer le respect.

2.2.ALLEMAGNE (RF)

La politique allemande d'économie d'énergie vise à réduire les émissions de CO₂ : le gouvernement s'est donné pour objectif global de réduire d'ici à 2005 de 25 % les valeurs observées en 1987. Etant donné la relation (linéaire) directe entre les émissions de CO₂ et la consommation d'énergie, les mesures indiquées pour les premières devraient produire des résultats proportionnels sur la seconde.

A l'heure actuelle, il est impossible de quantifier les avantages prévisibles, même si les études spécifiques actuellement conduites en la matière devraient permettre de définir de telles prévisions à court terme.

Les mesures sur lesquelles seront axées les actions futures peuvent être subdivisées en trois grandes catégories :

1. *mesures législatives et réglementaires*

- définition de limites à la consommation spécifique des véhicules à moteur ;
- hausse du prix de l'essence ;
- corrélation directe entre les émissions de CO₂ et i) les taxes sur les véhicules à moteur et ii) les péages autoroutiers ;
- instauration et contrôle effectif du respect de limitations de vitesse plus sévères ;
- introduction d'une taxe à l'atterrissage et au décollage, qui pénalisera les avions plus petits et, par voie de conséquence, entraînera une augmentation des tarifs des voyages aériens de courte distance et, par là même, une réduction du trafic dans ce secteur de marché ;
- accroissement du taux d'occupation des voitures particulières et réduction des voyages à vide, par le biais de mesures liées au coût de l'utilisation des routes et de taxes sur l'occupation des automobiles et la suppression de la distinction entre transport de marchandises pour compte propre et pour compte d'autrui.

2. Mesures relatives aux infrastructures

- amélioration des infrastructures ferroviaires, notamment par la réaffectation à ces infrastructures des investissements destinés aux infrastructures routières, au niveau urbain et interurbain.
- élimination des « goulets d'étranglement » sur le réseau routier, en vue de réduire la congestion du trafic ;
- promotion du transport multimodal (rail/route), grâce à des investissements dans les infrastructures portuaires permettant, en outre, une concentration des flux de transport de marchandises.

3. Mesures de comportement et techniques pour la rationalisation du trafic

- réduction des encombrements routiers, grâce à un système de guidage à distance des véhicules et à l'installation à bord d'autres dispositifs « intelligents ».
- promotion de carburants de substitution (moteurs électriques, à alcool, à hydrogène etc..)
- campagne d'éducation et d'information pour une conduite plus efficace.

2.3 FRANCE

Au cours des 15 dernières années, la politique française d'économie d'énergie a été axée essentiellement sur l'orientation et la maîtrise de la demande d'énergie. Elle visait à intégrer les forces du marché qui influencent normalement la demande, et à les orienter dans des directions compatibles avec le besoin croissant de conservation des ressources et de l'environnement.

Au cours de cette période, la consommation d'énergie du secteur des transports a augmenté de 9,7 MTEP. Si la consommation spécifique des moyens de transport n'avait pas diminué, l'accroissement du trafic enregistré sur cette période se serait accompagné d'une croissance de la consommation égale à 15,6 MTEP. L'écart de 5,9 MTEP (15,6-9,7) peut être attribué au fait que les économies à attendre théoriquement des améliorations techniques (- 10 MTEP) ont été compensées par une consommation accrue due aux conditions de conduite (grande vitesse, mauvais entretien, ralentissements et bouchons etc., au total +4,1 Mtep).

On peut évoquer, en ordre chronologique, trois étapes principales dans l'évolution de la politique : de l'énergie :

- 1) Au lendemain du premier choc pétrolier de 1982, les actions entreprises ont visé essentiellement à modifier les modes de conduite, grâce à de vastes campagnes publicitaires au niveau national, appuyées par des mesures réglementaires telles que l'introduction des limitations de vitesse.

Au total, ce sont environ 300.000 Tep qui ont pu ainsi être économisées.

- 2) Entre 1982 et 1986, avec la création de l'AFME, la politique énergétique est passée à des actions d'incitation plus directe, qui ont revêtu les formes suivantes :

- *Des programmes de R & D* axés sur une efficacité accrue des techniques de transport (aérodynamisme, nouveaux matériels, moteurs nouveaux, transmission). L'industrie automobile française, fortement impliquée dans ces programmes, a donc respecté les engagements (avec l'AFME) en termes de réduction de la consommation moyenne des véhicules neufs (12 % en cinq ans).

Les programmes de R&D ont concerné, en outre, les camions et autres systèmes de transport, avec des retombées sensibles aux niveaux commercial et industriel.

- *test pilote et expérimentation de solutions techniques et de gestion novatrices*, comme la création d'un système de transport public en milieu semi-rural, ou d'un service de minibus dans les zones suburbaines etc. ;

- *actions visant à l'accroissement de l'efficacité énergétique* du parc de véhicules existant, et s'adressant essentiellement aux entreprises de transports :

* introduction (et dans certains cas financement partiel) de responsables de l'énergie dans les entreprises ; une économie potentielle de 15 % en moyenne a ainsi pu être réalisée ;

* détermination des plans énergétiques des entreprises, en accord avec l'AFME ; des réductions de la consommation de 15% et 18 % ont été obtenues ;

* soutien financier pour l'achat de matériel propre à économiser l'énergie ;

- *actions orientées sur les industries* et consistant principalement en une aide financière aux entreprises disposées à se raccorder au système ferroviaire ; quelque 70 projets ont été financés, chacun d'entre eux envisageant une économie annuelle d'énergie primaire égale à environ 650 Tep;

- *actions orientées sur les conducteurs de voitures* : essentiellement des campagnes d'information et la création de quelque 350 « centres diagnostics » pour le contrôle de la carburation et de l'allumage.

3) à partir de 1987, la politique énergétique de la France s'est orientée vers davantage de libéralisme, avec une tendance à laisser jouer plus librement les lois du marché. Les trois grands axes de cette stratégie sont les suivants :

- *amélioration des véhicules et de la conduite* des conducteurs : bien que ces actions soient loin d'être suffisantes pour inverser la tendance à l'augmentation de la consommation d'énergie dans les transports, il a été confirmé qu'elles sont nécessaires et efficaces. La mise au point régulière du moteur (qui permettrait une économie de 8%) ainsi que la promotion de moteurs à carburant hybride constituent deux exemples significatifs de domaines caractérisés par un potentiel élevé d'économie ;

- *amélioration du contrôle et de la gestion du trafic*, grâce à des mesures telles que la synchronisation des feux de circulation et aux carrefours (dans les villes à haute densité de feux, on peut atteindre un gain d'environ 20 %, soit un chiffre global d'économie qui pourrait concerner quelques centaines de milliers de Tep si l'on considère que la France compte environ 30.000 carrefours avec feux de circulation) ;

- *augmentation de l'attractivité des transports collectifs*, grâce à l'amélioration de leurs performances, de leur fréquence, du confort, de la sécurité et de la flexibilité.

Les évaluations d'impact réalisées à ce jour ont permis de relever les résultats suivants :

- grande sensibilité à court terme aux prix du carburant, mais effet très peu durable;
- grande efficacité de toutes les mesures axées sur des solutions technologiques et techniques novatrices, par rapport à d'autres catégories de mesures, dont l'impact a été jusqu'à présent marginal.

Il est capital de développer à l'avenir des instruments et méthodologies de conversion énergétique et environnementale prenant en compte les effets de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme.

2.4. SUISSE

Malgré une sensibilité grandissante aux problèmes de l'énergie au cours des 20 dernières années et en dépit des efforts généreux déployés par les gouvernements aux niveaux local et cantonal pour réduire la consommation d'énergie et l'impact sur l'environnement, aucun plan national issu d'une politique d'économie d'énergie n'a vu jusqu'ici le jour. Toutefois, à partir de 1990, lorsqu'un nouvel article a été introduit dans la Constitution suisse concernant la conservation des ressources énergétiques, diverses mesures ont été adoptées, dont certaines ont déjà été mises en oeuvre :

1) *Promotion des transports publics* par des mesures en matière d'infrastructure et des incitations économiques, à savoir :

- grands projets d'infrastructure visant à accroître et améliorer la disponibilité de la structure et des services de transport ferroviaire ainsi que des systèmes multimodaux (tels que « Rail et Bus 2000 » et « Alp Transit »)
- soutien financier public aux investissements concernant : i) les plate-formes d'échange à proximité des gares de chemin de fer, ii) d'autres raccordements en vue d'assurer de meilleures liaisons avec le système ferroviaire, iii) les terminaux intermodaux ;
- financements publics permettant de réduire le prix des billets de chemin de fer saisonniers.

2. *Normes visant à la réduction de la consommation*, comme par exemple :

- limitation de la consommation spécifique des véhicules ;
- création de stations de contrôle et surveillance (pour la mise en oeuvre de la norme susmentionnée), pour lesquelles la possibilité d'un financement public est envisagée dans certains cas;
- limitations de vitesse : à partir de 1985, de nouvelles réductions ont été expérimentées (de 130 à 120 km/h sur les autoroutes et de 100 à 80 km/h sur les autres routes). Ces limitations pourraient devenir permanentes dans un avenir proche. Les avantages réels en termes d'économie d'énergie et de réduction des émissions polluantes semblent, toutefois, inférieurs aux prévisions, notamment en raison des difficultés de mise en application des réglementations. L'économie devrait être limitée à 1,7 % (au lieu des 2,9 prévus) pour l'essence et à 0,6 % (au lieu des 6,5 prévus) pour le gasoil. D'autres expériences sont en cours au niveau des cantons.

3) *Mesures techniques*, grâce principalement à la promotion et au financement de projets de recherche sur les moteurs de substitution (électriques, à hydrogène, à colza, etc.). Si ces moteurs devaient devenir une réalité, les autorités sont disposées à prendre des mesures adéquates pour inciter à leur diffusion (réductions fiscales, parkings adéquats dotés des dispositifs nécessaires pour la recharge des batteries, etc..)

4) *Rationalisation des flux de transport des marchandises*, grâce principalement à la mise au point et à la réalisation de systèmes informatiques pour le développement du « truck rides exchange », (bourse de fret) de manière à réduire au minimum les voyages « à vide » ; soutien aux coopératives pour la mise en commun des véhicules destinés au transport de passagers dans une zone donnée.

5) *Mesures fiscales et en matière de prix* : trois de ces mesures, actuellement à l'étude, seront très probablement adoptées dans un avenir proche :

- une taxe sur les émissions de carbone (environ 20 %) applicable à tous les combustibles, à l'exclusion de ceux qui sont utilisés par le transport aérien ;
- une taxe sur le kilométrage parcouru, qui serait calculée à l'aide d'instruments spéciaux infraudables (dont les prototypes sont déjà disponibles);
- hausse des droits d'entrée sur les carburants automobiles.

2.5 ITALIE

En Italie, malgré une prise de conscience croissante tant de l'opinion publique que des organismes officiels à l'égard des problèmes de conservation et d'économie d'énergie, et même s'il apparaît évident que le secteur des transports doit, à cet égard, constituer une priorité, ce n'est que depuis peu que les textes politiques concernant le secteur de l'énergie contiennent des indications qui permettent d'identifier les grandes lignes de la politique en matière d'économie d'énergie dans les transports.

La politique du gouvernement, définie par le Plan Général des Transports, devrait par ailleurs produire « indirectement » des avantages appréciables en termes de conservation de l'énergie et de préservation de l'environnement. Cela est vrai, notamment, pour les investissements dans les infrastructures, dont le type et l'importance sont, en effet, cohérents avec l'objectif global visant à promouvoir les modes de transport substituables au système routier et à favoriser la décongestion de celui-ci.

Le plan énergétique national (PEN), 1988

En 1990, la consommation totale d'énergie des transports était de 34,8 Mtep. Cette consommation, constituée presque exclusivement de produits pétroliers, correspond à plus d'un tiers de la consommation brute de pétrole du pays.

Les transports routiers prennent à leur compte la part de loin la plus grande (83 %), notamment le transport des marchandises dont, en 1989, 63 % était assuré par la route, contre seulement 12 % par le chemin de fer.

Aussi le PEN contenait-il déjà en 1988 des indications intéressantes tout particulièrement le secteur des transports. Il mettait l'accent sur les points suivants :

- l'économie et la conservation de l'énergie sont particulièrement critiques dans le secteur des transports, compte tenu notamment de la forte imbrication avec les problèmes liés à la protection de l'environnement ;
- les deux objectifs les plus urgents sont de : i) réorienter les flux de transport interurbain de la route vers le rail et, lorsque cela est possible, vers le cabotage et ii) réorienter le trafic urbain du mode de transport individuel vers le mode collectif ;

- la réalisation de tout objectif d'économie d'énergie et de protection de l'environnement exige une collaboration active et formalisée entre les organismes publics et les institutions concernées par les problèmes de gestion de l'énergie et/ou de l'environnement ;
- il faut redéfinir et faire respecter les normes et les mesures régissant la gestion de l'énergie et de l'environnement dans le secteur des transports ; le législateur est donc invité à examiner les questions et options correspondantes.

Le Plan national pour les économies d'énergie, 1990

Ce plan, adopté en 1990, est le premier à fixer dans le détail des politiques et des mesures en matière d'économie et de protection de l'énergie dans les différents secteurs de l'activité économique, dont les transports.

Le plan propose d'engager: a) des actions entraînant des effets à *court terme* et b) des actions produisant des effets (structurels) à *moyen terme* soit i) dans de nombreux (ou la totalité des) secteurs de l'activité économique, soit ii) dans le seul secteur des transports.

A. Actions à court terme

- information des usagers (programmes de communication de masse) ;
- répercussion intégrale des hausses internationales du prix de l'énergie sur le prix final ;
- mesures fiscales, visant surtout à la « fiscalisation » des éventuelles baisses internationales du prix de l'énergie.

B Actions à moyen terme

- plan spécial de réduction de la consommation d'énergie dans le secteur des transports, basé principalement sur les priorités suivantes :

- * transports de masse à grande vitesse
- * transport public local
- * transport par chemin de fer des camions et des marchandises.

Les investissements prévus dans ces domaines se montent, pour la période 1991-1993, à 3250 milliards de liras, répartis comme suit :

	1991	1992	1993
Grande vitesse	40	175	25
Transport public local	50	100	100
Transport par rail des camions et marchandises	36	72	108

Les économies à attendre du plan d'investissements évoqué plus haut se montent à environ 3 MTEp/an (à partir de 1995). Il devrait permettre en outre de réaliser des économies financières « indirectes » en réduisant les besoins futurs d'investissements dans le système des transports routiers.

- rédaction d'un plan d'économie d'énergie spécifique pour le secteur des transports, visant à la réduction à long terme de la consommation énergétique ;
- contrôle périodique du rendement énergétique des véhicules à moteur, par l'adoption de nouvelles normes spécifiques imposant le contrôle de la pression des pneus lors de chaque révision périodique effectuée sur tous les véhicules ;
- décongestion du trafic urbain, grâce à la mise en place de plans d'urgence dans les villes encombrées;
- contrôle des limitations de vitesse par le renforcement des mesures et des procédures d'action.

Proposition d'actualisation du PEN (1991)

Certaines propositions d'actualisation du PEN ont été élaborées en 1991. Leur dernière rédaction, confirmant les orientations déjà définies dans la précédente version, identifie sept domaines d'intervention spécifiques, auxquels elle attribue le contenu et les résultats objectifs suivants :

1. L'efficacité énergétique des moyens de transport par route et leur impact sur l'environnement

Dans ce domaine, on peut faire évoluer le parc roulant vers une plus grande efficacité énergétique, par :

- une redéfinition radicale des conditions de délivrance de la vignette avec a) liaison de son prix à la consommation moyenne et non plus à la cylindrée, b) réduction pour les voitures équipées de pot catalytique et c) réduction ou suppression de la « super-vignette » pour les voitures équipées de diesels « propres » ;
- l'élimination des deux millions de véhicules obsolètes. Elle conduirait à une économie d'environ 1 Mtep/an (soit 10 % de la consommation globale), réalisable grâce à l'instauration d'une réglementation plus contraignante, complète et effectivement applicable, sur les contrôles périodiques obligatoires.

2. Les transports rapides de masse.

Le principal instrument d'intervention dans ce secteur est la création de réseaux de métro suffisamment denses, avec l'utilisation éventuelle de lignes ferroviaires extra-urbaines en fonction de lignes métropolitaines comme axes de pénétration urbaine ou de raccordement entre zones périphériques.

Selon les calculs, une ligne de métro en mesure de transporter 20 000 voyageurs/heure sur un trajet moyen de 10 km implique une économie annuelle d'environ 0,1/0,2 Mtep.

3. Transport ferroviaire de véhicules automobiles et marchandises.

L'objectif visé dans ce domaine est d'assurer la complémentarité des transports ferroviaires sur longue distance et des autres modes de transport de marchandises, notamment la route, grâce à des actions portant sur :

- les infrastructures (création de plates-formes de transbordement facilitant la formation de trains complets, intermodaux ou traditionnels)
- l'offre des services (création de services de trains marchandises à fréquence et vitesse commerciale élevées et introduction de trains spéciaux de transport combiné)
- l'organisation et la réglementation du transport routier et ferroviaire (système de tarification, d'autorisations, de priorité des trains etc..).

4. Cabotage.

L'objectif à court terme est l'accroissement du trafic intérieur de marchandises par mer, par le transfert de 70 millions de tonnes/an environ de la route au transport maritime ; il existe des chances raisonnables d'obtenir ce résultat en encourageant, sur de longs trajets, le transport par mer de véhicules automobiles complets, à des horaires fixes, à caractère journalier.

5. Circulation urbaine.

L'objectif visé dans ce domaine est la création d'un plan global de la circulation, prévoyant un catalogue précis de mesures, telles que :

- la régulation informatisée des feux de circulation
- le suivi du transport public
- la gestion des parkings
- la lutte contre la pollution atmosphérique générée par la circulation

mais aussi la réduction de la demande de mobilité urbaine, grâce à la promotion de la télématique (concept de ville câblée)

6 Carburants de substitution

Les carburants de substitution ne sont avantageux qu'à moyen/long terme ; l'utilisation de 30 % d'essence reformulée sur le total de la consommation, par exemple, permettrait d'économiser 0,5 de Mtep/an environ.

Il faut de même tendre à utiliser des autobus à méthane ou à GPL ainsi qu'à développer la voiture électrique, même si ces perspectives ne sont intéressantes sur le plan de l'énergie qu'à long terme;

7 Information au public

Le PEN prévoit à cet égard de vastes campagnes orientées sur les points suivants :

- conduite judicieuse
- entretien à temps
- planification du transport de marchandises

On escompte que ces campagnes d'information permettront des économies considérables, de l'ordre de 10/20 %.

2.6 PORTUGAL

Au lendemain du premier choc pétrolier, la politique portugaise en matière d'économie d'énergie s'est orientée vers des mesures de réduction de la consommation, assortie d'une politique spécifique des prix.

Ces mesures rencontrent, toutefois, des difficultés croissantes (au plan de leur efficacité), en raison de l'élévation constante et appréciable du revenu des consommateurs. Il est bien évident qu'elles ne produiront de résultats tangibles dans le futur que si elles sont accompagnées d'autres mesures d'économie de l'énergie.

La nécessité d'une harmonisation avec les autres pays d'Europe constitue un autre obstacle au succès des orientations évoquées plus haut, comme en témoigne, par exemple, la structure du parc automobile : jusqu'à présent, une réglementation spécifique avait fortement encouragé l'achat de voitures de petite cylindrée, mais cela ne sera plus possible dorénavant, puisque la fiscalité devra se conformer aux normes communautaires. On prévoit donc que le parc automobile portugais, à court-moyen terme, comptera une plus forte proportion de voitures de grosse cylindrée.

Une série de dispositions arrêtées en 1982 oblige toutes les entreprises qui consomment plus de 1 000 Tep/an à présenter, tous les cinq ans, la comptabilité de leur consommation d'énergie ainsi qu'à préparer et mettre en oeuvre un plan de rationalisation de l'énergie (lequel doit être approuvé au préalable par le Ministère de l'industrie, Direction de l'énergie).

Ces règlements n'ont, toutefois, jamais été véritablement appliqués dans le secteur des transports. De nouvelles lois et réglementations adoptées en 1990 imposent des paramètres plus sévères (seuil de 500 Tep/an, vérification tous les trois ans de la comptabilité énergétique) ainsi que des conditions et délais plus détaillés pour l'application effective des mesures.

Ces mesures concernent quatre domaines importants d'action :

1. *La promotion du transport de marchandises pour compte d'autrui* (au lieu du transport pour compte propre) par la promulgation de nouvelles lois sur les conditions de délivrance des licences de transport. On prévoit que chaque part de 1% du trafic marchandises qui passera du transport pour compte propre à celui pour compte d'autrui autorisera une économie de 4.900 Tep/an.

2. La promotion du transport collectif dans les zones urbaines, par :

- la création des zones métropolitaines de Lisbonne et Porto ;
- l'amélioration des infrastructures routières et ferroviaires (y compris les infrastructures métropolitaines)
- la création de couloirs réservés au transport en commun.

On prévoit que chaque part de 1 % du trafic passagers qui passera du transport individuel au transport collectif permettra une économie de 5.600 Tep/an.

3. L'amélioration des conditions de la circulation dans les zones urbaines, par l'introduction de systèmes de régulation de la circulation et d'une politique de gestion des parkings. Etant donné l'hyper-saturation actuelle et l'ampleur du phénomène, on ne prévoit pas, à court terme, d'économies tangibles.

4. La promotion du transport ferroviaire (voyageurs dans les zones urbaines, marchandises au niveau interurbain) par :

- le renforcement des infrastructures ferroviaires et
- l'amélioration de la qualité du service et du marketing des systèmes de transport ferroviaire.

On prévoit que chaque part de 1 % du trafic marchandises interurbain qui passera du transport par route à celui par chemin de fer permettra une économie de 7.500 Tep/an. A cette fin, des investissements importants ont été décidés. En outre, l'effet de décongestion du réseau routier devrait comporter une économie de 2.500 tep-an.

Un autre train de mesures est en préparation pour l'avenir . Il concerne les dispositions législatives, ainsi que les mesures techniques et comportementales suivantes.

- des actions axées sur les enseignants et les usagers professionnels, visant à promouvoir une conduite plus économe en énergie ;
- l'obligation de procéder à des contrôles périodiques des véhicules, appliqués au début uniquement aux véhicules utilitaires et ensuite à l'ensemble du parc automobile ;
- le remplacement du diesel par le GPL dans les autobus et les taxis, de manière à obtenir non seulement une diversification des sources d'énergie, mais aussi une réduction des émissions polluantes.
- introduction de questions liées aux économies d'énergie dans l'examen du permis de conduire.

PARTIE II

**MODELES POUR L'EVALUATION
DES CONSOMMATIONS
D'ENERGIE DANS LE SECTEUR
DES TRANSPORTS**

INTRODUCTION

Pour évaluer l'impact des mesures d'économie d'énergie sur la demande d'énergie ou sur les émissions polluantes, on dispose de plusieurs types de modèles.

Les modèles physiques permettent de quantifier, en termes de consommation spécifique des véhicules, l'impact des mesures liées aux normes techniques : par exemple, l'aérodynamisme du véhicule, la pression des pneus et les limitations de vitesse ont des effets directs sur la consommation ; des modèles techniques spécifiques prenant en compte de tels paramètres permettent de calculer cette incidence.

Les modèles technico-économiques, bien que subdivisés en catégories distinctes, présentent une caractéristique commune : les paramètres techniques et les indicateurs socio-économiques se combinent pour permettre d'évaluer l'évolution de la demande d'énergie ou d'effectuer une analyse de sensibilité. Deux types de ces modèles sont basés sur l'expérience du passé :

- modèles très désagrégés, comportant des équations qui reconstituent en détail la structure des consommations connue pour une année donnée, à l'aide de paramètres indicateurs de scénario pour l'étude de l'évolution future des consommations d'énergie
- modèles plus agrégés de type économétrique, s'appuyant sur l'analyse de séries historiques et sur l'enchaînement d'un certain nombre d'équations dynamiques pour la simulation de l'évolution des consommations.

Une autre catégorie de modèles technico-économiques se fonde sur la représentation du système énergétique : on définit les paramètres physiques (grandeurs intensives et extensives), les caractéristiques économiques (coûts d'investissement) et les contraintes socio-économiques (coût global minimum, contraintes normatives) auxquelles l'ensemble du système énergétique peut être soumis. Au nombre de ces modèles se rangent par exemple les modèles de programmation linéaire qui permettent d'optimiser l'ensemble du système énergétique (demande et offre) ou certains secteurs spécifiques de la demande (industrie, transports ou résidentiel) ou de l'offre (secteur de l'électricité). Enfin, le secteur des transports peut être appréhendé à l'aide de modèles économiques, généralement économétriques et dynamiques, qui sont plutôt agrégés et ne tiennent pas directement compte des aspects techniques. Leur avantage tient au fait que l'analyse économique des dépenses dans le secteur des transports est cohérente avec celle qui est applicable au reste de l'économie (en particulier avec les dépenses d'autres catégories de biens ou services).

L'action COST a examiné les possibilités d'utilisation de ces modèles (à l'exception des modèles économiques), en évaluant dans quelle mesure il est possible de les intégrer ensemble. Il en est résulté moins un grand modèle unique qu'un système de modèles cherchant à répondre au large éventail des demandes relatives aux impacts des mesures d'économie d'énergie.

Les modèles considérés sont :

Le modèle MICSIM-MACSIM, en tant que représentatif des modèles physiques ainsi que le modèle MEDEE et le modèle EFOM-ENVIRONMENT, modèles de simulation technico-économique utilisés, le premier, pour les prévisions de la demande en énergie ou pour les analyses de sensibilité, le second pour l'optimisation du système énergétique.

Cette deuxième partie du rapport illustre :

- les principales caractéristiques du modèle MICMAC, pour le calcul de la consommation spécifique d'énergie et de la consommation globale d'énergie d'un territoire donné, en fonction des performances techniques détaillées des véhicules, dont l'utilité et la validité sont démontrées par l'estimation de l'effet sur le parc automobile allemand de certaines mesures d'économie d'énergie (chapitre 3) ;
- le modèle MEDEE, utilisé pour l'étude de l'évolution de la demande d'énergie qui permette de prévoir des scénarios macro-économiques et techniques, avec un exemple de simulation à l'horizon 2020 d'un scénario tablant sur le prolongement des tendances actuelles et d'un autre qui postule une utilisation rationnelle de l'énergie dans le secteur des transports en Italie (chapitre 4) ;

Vient ensuite une démonstration de l'utilité de l'instrument de la programmation linéaire (chapitre 5) : cet instrument a permis de mettre en lumière l'importance particulière que revêtent, parmi les possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique, celles qui sont spécifiques au secteur des transports. A titre d'exemple particulier d'application, est présentée une analyse coût-efficacité des diverses actions de politique énergétique visant à la réduction des émissions de gaz carbonique (CO₂) dues aux transport dans les différents pays de la Communauté européenne;

3. IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : LE MODELE MICSIM-MACSIM

Le modèle MICSIM-MACSIM comporte deux volets.

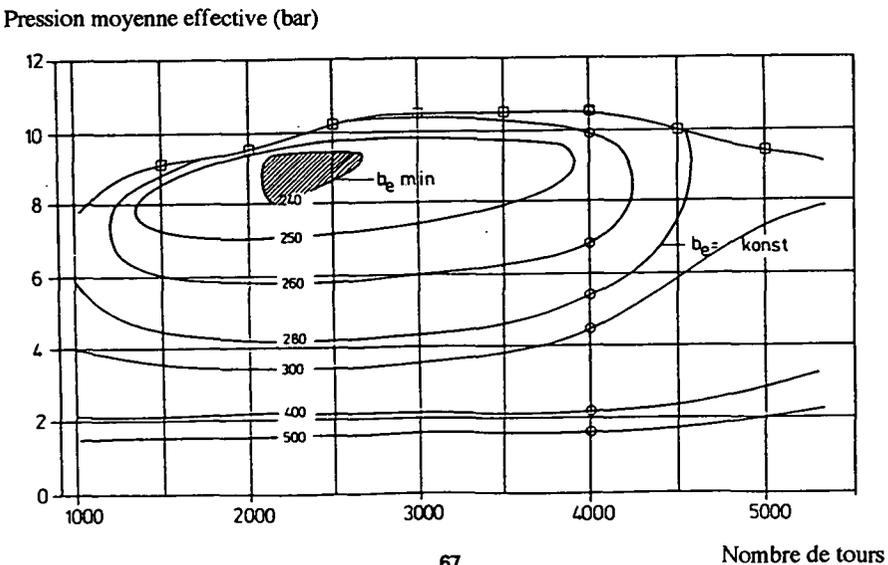
MICSIM calcule la consommation spécifique d'énergie de chaque voiture, c'est-à-dire la consommation d'énergie en fonction des modes d'utilisation du véhicule et de son cycle de parcours. MACSIM utilise les consommations d'énergie calculées dans la partie MICSIM pour évaluer la consommation totale d'une zone géographique donnée.

3.1 LE MODELE MICSIM

MICSIM calcule la consommation d'énergie d'un véhicule en fonction des caractéristiques thermodynamiques et mécaniques de son moteur (et donc du rendement mécanique), des résistances dynamiques (inertie) et mécaniques opposées à son mouvement (pentes, frottements, résistance de l'air) et de « courbes de mouvement » caractéristiques simulées par le modèle.

Le rendement d'un véhicule - par exemple un véhicule équipé d'un moteur à pistons - est calculé par le diagramme des consommations spécifiques du moteur (Fig. 3.1). Ce type de diagramme combine le couple, la vitesse de rotation du moteur et la consommation spécifique. A la place du couple, on peut figurer la pression moyenne effective, grandeur équivalente à la première à moins de facteurs constants.

Fig. 3. 1 Diagramme de la consommation spécifique du moteur



La relation est la suivante :

$$\eta = \frac{\pi}{H_u \cdot b_e} \quad (1)$$

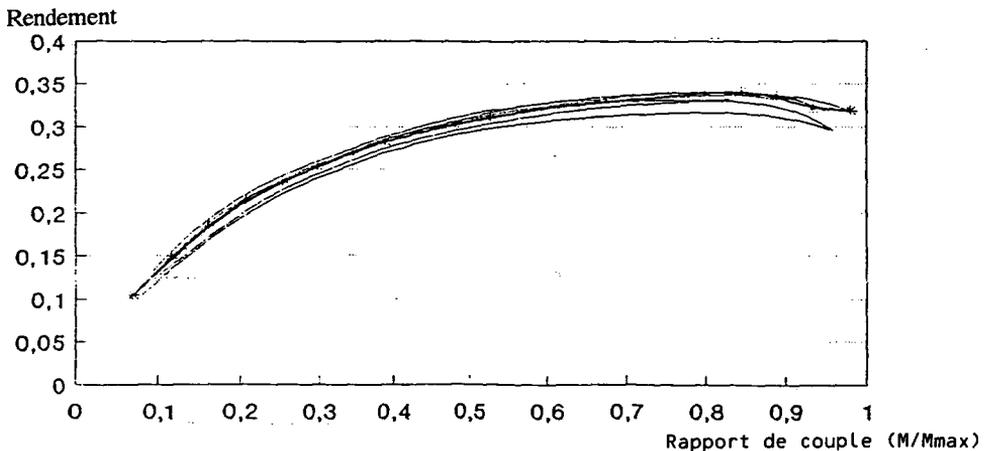
π = rendement
 b_e = consommation spécifique [g/kWh]
 H_u = pouvoir calorifique inférieur [kWh/kg]

Les courbes de ce diagramme permettent d'obtenir, pour un nombre donné de tours/moteur, le rendement en fonction du rapport couple/couple-maximum. Cette relation est représentée dans le diagramme de la fig.3.2 (rendement-rapport couple/couple-maximum) par un ensemble de courbes, une par régime de tours du moteur. Comme ces courbes sont assez rapprochées, la relation entre ces deux grandeurs peut très bien être représentée par une courbe unique (la ligne avec les *), indépendante du nombre de tours : elle est appelée fonction du rendement.

Si $M/M_{max} = k$

il résulte que $\eta = f(k)$

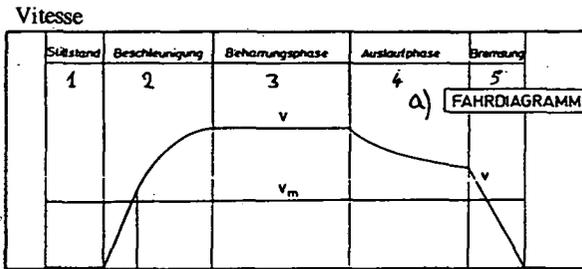
Fig. 3.2: Rendement en fonction du rapport de couple (M/M_{max})



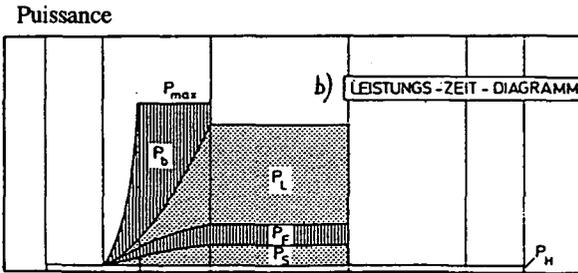
L'énergie nécessaire pour vaincre les résistances dynamiques et les résistances de frottement est donnée par la connaissance de la courbe de la vitesse et de la masse du véhicule. On peut dire que, dans la moyenne des distances parcourues par les automobiles, la courbe de la vitesse présente la forme illustrée dans le premier tableau de la figure 3.3. On identifie cinq phases caractéristiques dans cette courbe :

- 1) arrêt ;
- 2) accélération ;
- 3) vitesse constante ;
- 4) décélération ;
- 5) freinage ;

Fig. 3.3 : Composantes de la puissance :
a : Diagramme de la courbe de vitesse
b : Diagramme de la puissance utilisée



1. Arrêt
2. Accélération
3. Vitesse constante
4. Décélération
5. Freinage



Puissance requise en fonction de :

- P_b = Accélération
- P_l = Résistance de l'air
- P_f = Résistance au roulement
- P_s = Résistance due à la pente

Temps

Le second tableau de la figure 3.3 illustre la puissance requise en fonction d'un parcours donné et de la courbe de la vitesse/temps illustrée plus haut. Les composantes de cette puissance sont au nombre de quatre :

- 1) La composante puissance requise par l'accélération (mise en évidence dans les lignes précédentes). Cette composante dépend de la masse, de la vitesse maximale à atteindre et du temps mis pour l'atteindre. Dans cette phase, l'inertie des masses en rotation a été simulée par l'adjonction au véhicule d'un facteur de masse .
- 2) La composante puissance nécessaire pour vaincre la résistance de l'air. Cette composante est fonction du carré de la vitesse, de la surface frontale du véhicule et du coefficient C_w de résistance de l'air. La figure 3.4 illustre à ce propos l'évolution du coefficient de résistance de l'air C_w dans l'ex- république fédérale d'Allemagne au cours des 70 dernières années. La figure 3.5 met en évidence la corrélation entre la surface frontale d'un véhicule et son poids à vide (parc automobile allemand 1983 et 1987).

La résistance de l'air est donnée par la relation :

$$w = 0,5 * p * C_w * A$$

où :

- w = résistance de l'air
- p = densité de l'air
- C_w = coefficient de résistance
- A = surface frontale du véhicule

Fig. 3.4 : Evolution du coefficient de résistance de l'air C_w dans l'ex- république fédérale d'Allemagne

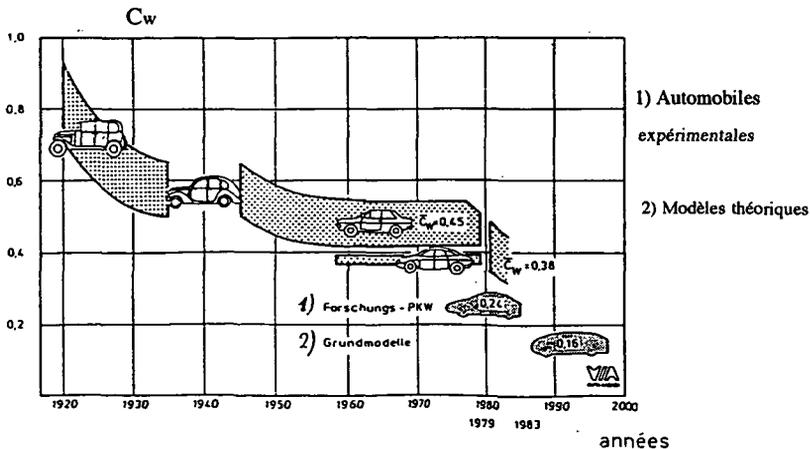
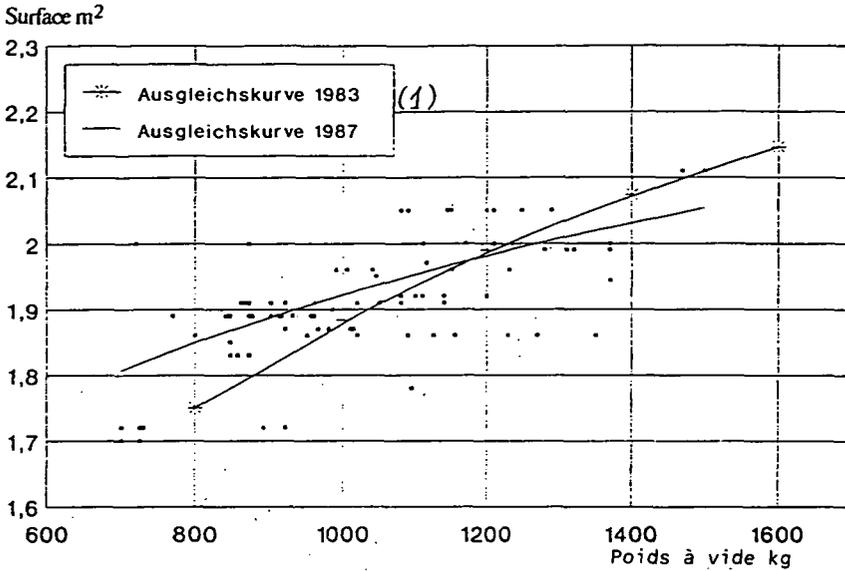


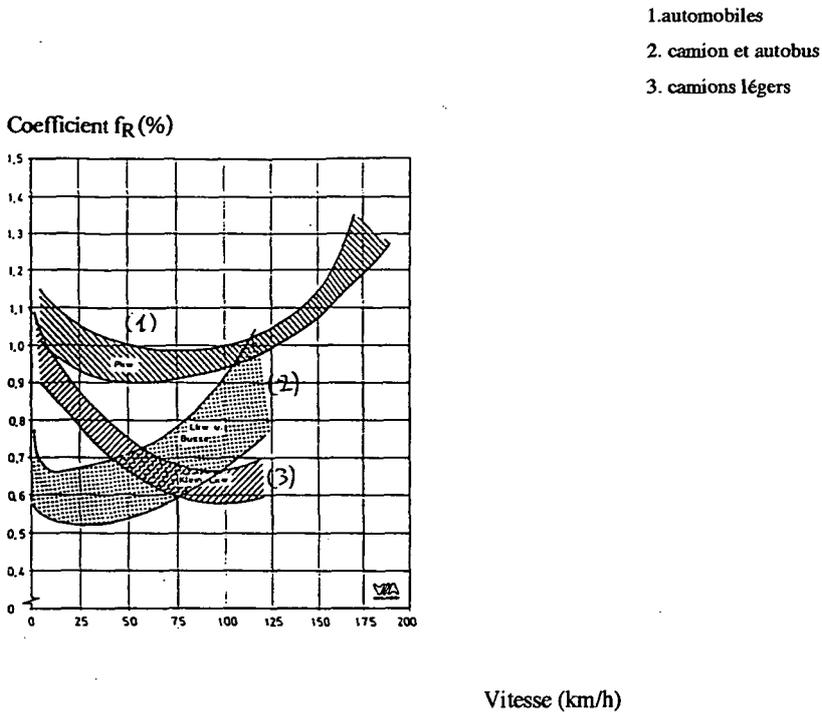
Fig.3.5 : Relation entre la surface frontale des véhicules automobiles et le poids à vide (parc automobile de la RFA, 1983 et 1987)



3) La composante puissance nécessaire pour vaincre les résistances au roulement. Cette composante est fonction de la vitesse et du coefficient de roulement F_r . La figure 3.6 illustre le rapport entre la vitesse et les coefficients de résistance au roulement pour différents types de véhicules.

4) La composante puissance requise pour vaincre la résistance due à l'inclinaison. Cette composante dépend des dénivellations rencontrées sur le parcours.

**Fig.3.6 : Intervalles de variation du coefficient de résistance au roulement
fr (%)**



La banque de données du Verkehrswissenschaftliches Instituts (Institut des sciences du trafic, ref.2) gère les données relatives à 21 millions de voitures. Cette base de données est en mesure de fournir les rapports de la boîte de vitesse des voitures subdivisées par classes de cylindrées. Ces rapports étant connus, il est possible de déduire le nombre de tours d'un moteur, en connaissant la vitesse d'un véhicule. Sur la base du nombre de tours et de la puissance requise, en prenant en compte également les pertes mécaniques (dues au moteur et à la transmission), le couple requis est donné par l'équation suivante :

$$\begin{aligned}
 P &= w * M \\
 w &= n^\circ \text{ de tours [1/sec]} \\
 M &= \text{couple [Nm]}
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

On peut déduire de l'équation 2 que, à égalité de puissance, plus le couple est élevé, moins il y aura de tours. Par ailleurs, le diagramme de la figure 3.2 montre que l'intervalle de plus grande efficacité se situe à proximité du couple maximum. Autrement dit, les transmissions et les rapports de la boîte de vitesse devraient être conçus de manière à faire tourner le moteur le moins vite possible sous chaque condition de charge.

3.2 EVALUATIONS A L'AIDE DU PROGRAMME MICSIM

Ci-après sont présentés sept exemples d'application différents du programme MICSIM

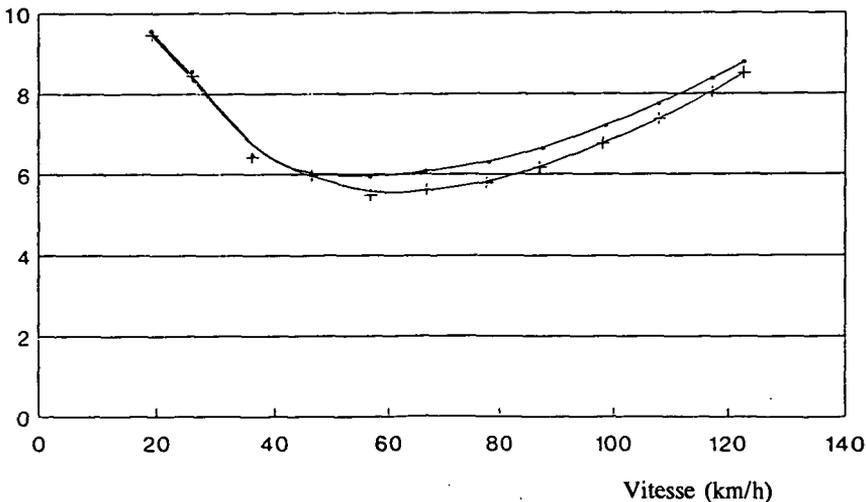
3.2.1 Effet des mesures liées à la conception/construction des véhicules automobiles

- Remplacement de la boîte à 4 vitesses par une boîte à 5 vitesses.

On calcule la consommation finale d'une voiture de classe moyenne-basse. La voiture est équipée d'une boîte à 4 vitesses et d'un moteur à combustion interne. La consommation d'énergie du véhicule est indiquée à la Fig. 3.7 par la ligne jalonnée de points. Le calcul a été répété pour le même modèle équipé, cette fois, d'une boîte à 5 vitesses : le résultat est donné par la ligne marquée de petites croix. Il apparaît clairement que les écarts de consommation sont nuls à faible vitesse, alors qu'à grande vitesse, la voiture équipée de la boîte à 5 vitesses affiche une consommation plus faible. Cela s'explique par le fait que la boîte à 5 vitesses permet de faire fonctionner le moteur à des régimes de couple plus élevés, et donc dans sa plage de meilleur rendement

Fig. 3.7 : Comparaison entre voitures dotées de boîtes à 4 et à 5 vitesses.

Consommation finale d'énergie (l/100 km)

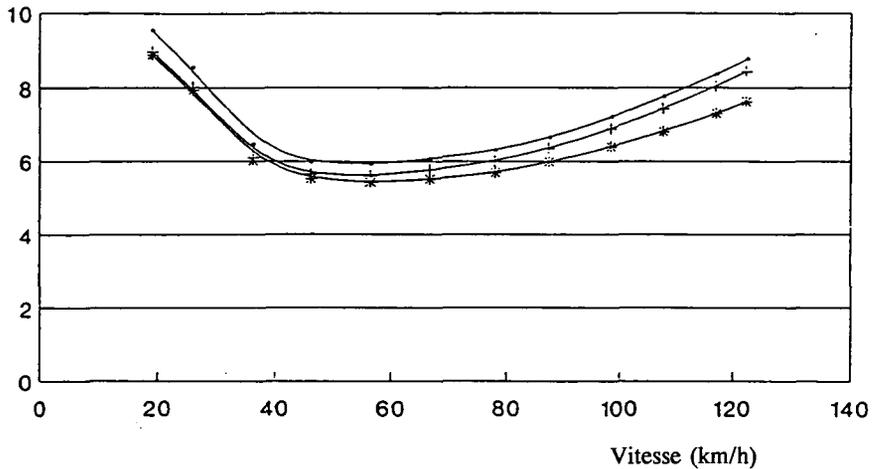


- Diminution du poids à vide

La consommation d'énergie d'une automobile (et de tout autre moyen de transport) est fonction essentiellement de la nature des forces qui s'opposent au mouvement. Certaines de ces forces dépendent du poids : résistance au roulement, résistance due à la gravité (pentes) et résistance à l'accélération (cette force dépend strictement parlant de la masse et non du poids). Il est donc indiscutable qu'une voiture plus légère consomme moins d'énergie. La Fig. 3.8 reproduit la courbe de consommation (ligne marquée par des points) d'une automobile équipée d'un moteur à combustion interne de classe moyenne-basse. Le poids à vide de cette catégorie d'automobiles est d'environ 960 kg. Si on réduit ce poids à 740 kg, on obtient la ligne en dessous jalonnée de petites croix.

Fig. 3.8 : Effet du poids à vide.

Consommation finale d'énergie (V100 km)



- Diminution de la résistance de l'air

La résistance de l'air, on l'a vu, est fonction du carré de la vitesse, de la surface frontale du véhicule et du coefficient de résistance à l'air C_w . Si l'on réduit le coefficient C_w du véhicule dont la consommation a été indiquée par la ligne avec des petites croix (Fig. 3.8), en l'abaissant de sa valeur standard de 0,36 à sa valeur de 0,32, on passe à la courbe de consommation signalée par des astérisques. On remarquera combien l'avantage offert par un coefficient plus petit de résistance de l'air devient appréciable à mesure que les vitesses augmentent

3.2.2 Effet d'une bonne formation à la conduite

- Choix du moment optimal pour changer de vitesse

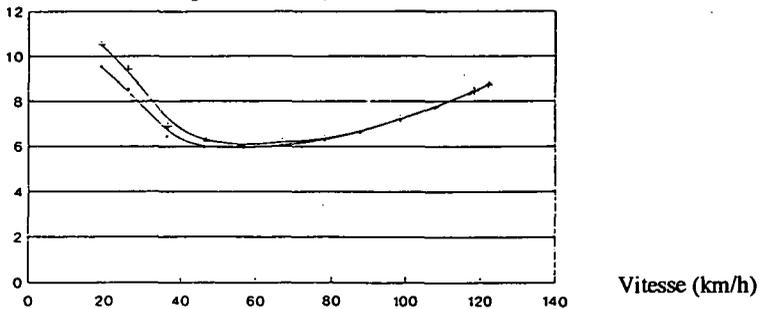
Le programme MICSIM permet d'identifier le moment optimal pour changer de vitesse en fonction du nombre de tours.

On prend à nouveau une automobile de classe moyenne-basse équipée d'un moteur à combustion interne et d'une boîte à 4 vitesses. La figure 3.9 montre deux courbes de consommation : celle qui est jalonnée de points indique la consommation d'énergie obtenue en changeant les vitesses de manière optimale ; la courbe marquée de petites croix reproduit la consommation d'énergie obtenue lorsque, à chaque changement de vitesse, on porte le moteur au nombre maxi de tours autorisé.

On remarquera qu'en ville, la consommation d'énergie peut diminuer parce qu'il y est possible de changer souvent de vitesse (ou d'en changer dès que le régime du moteur l'autorise sans accroître inutilement le nombre de tours). En effet, le moteur, en ville, fonctionne généralement avec des valeurs de couple basses. A des vitesses supérieures, la consommation d'énergie ne dépend plus des modalités de changement de vitesse étant donné que, sur longue distance, c'est le rapport le plus élevé qui est généralement choisi.

Fig.3.9: Effet sur la consommation d'énergie du moment choisi pour changer de vitesse

Consommation finale d'énergie (l/100 km)



3.2.3 Mesures législatives

- diminution de la puissance du moteur

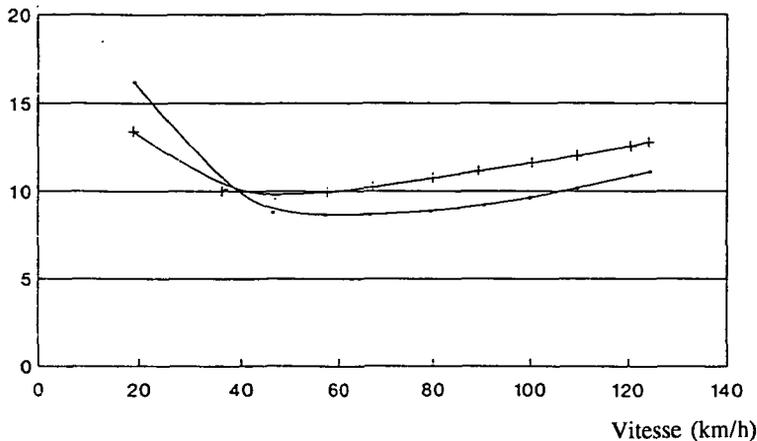
Pour simuler l'effet de la réduction de la puissance du moteur, on a comparé les performances de deux voitures de même type équipées de moteurs différents, respectivement de 108 et 32 kW. La figure 3.10 illustre les résultats de cette comparaison.

La ligne avec les points correspond à la courbe de consommation relative à la voiture de 108 kW, celle avec les petites croix à l'autre voiture. Les courbes montrent qu'en ville,

c'est la voiture la moins puissante qui est la plus efficace, alors qu'à des vitesses plus élevées, il est préférable d'utiliser des moteurs plus puissants.

Fig.3.10: Effet de la réduction de la puissance du moteur sur les consommations d'énergie

Consommation d'énergie finale (l/100 km)



3.2.4 Transport combiné

- La comparaison des consommations spécifiques d'énergie⁹

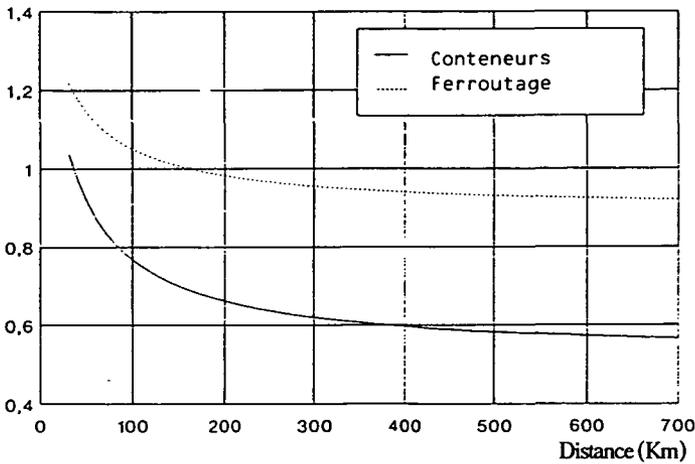
La fig. 3.11 compare les consommations d'énergie du transport de marchandises par semi-remorque (ligne en pointillé) et par conteneur (ligne continue). Elle donne en ordonnées le rapport entre la consommation d'énergie du transport combiné route-rail-route et celle du transport purement routier. Cela signifie que si la courbe de la consommation a des valeurs supérieures à l'unité, c'est le transport routier qui convient (en termes d'énergie primaire), sinon le transport combiné rail-route est préférable.

⁹ Les consommations d'énergie s'expriment en termes d'énergie primaire dans la mesure où, dans ce paragraphe, sont comparées les consommations d'énergie imputables aux différents moyens de transport

Il ressort du graphique que le transport combiné rail+route devient avantageux à partir de distances de 40 km pour les conteneurs, et de 160 km pour les semi-remorques .La différence s'explique par le poids mort considérable qui doit être transporté lorsque des poids lourds sont chargés sur le train.

Fig.3.11: Comparaison des consommations d'énergie (énergie primaire) dans le transport combiné route-rail

Rapport des consommations de transport combiné/transport par route



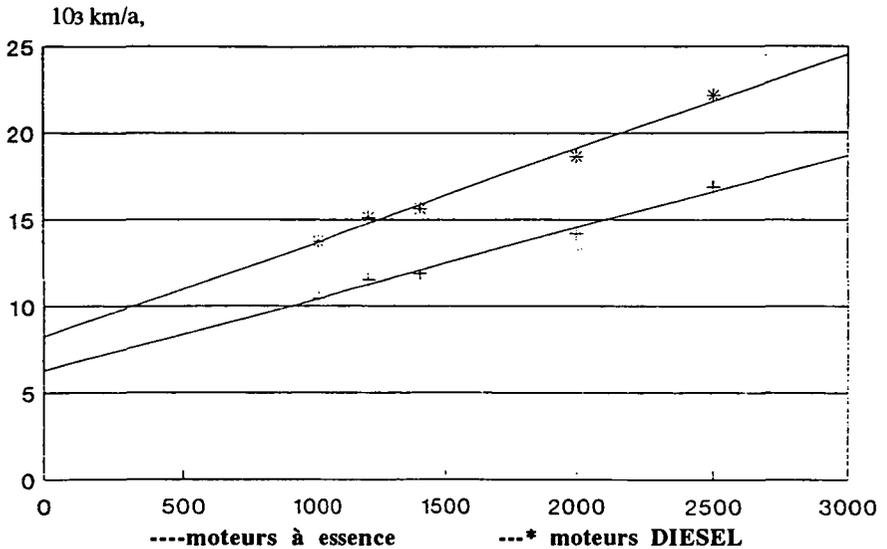
3.3 LE MODELE MACSIM

Dans le modèle **MACSIM**, on évalue également les consommations spécifiques d'énergie des autres modes de transport : camions, autobus, motocycles, bateaux et avions. Ce modèle, qui prend en compte le rendement dans le transport par vecteur, utilise les données de consommation spécifique fournies par MICSIM pour calculer la consommation d'énergie d'une zone ou d'une région.

3.3.1 Consommation d'énergie dans le secteur automobile

La figure 3.12 illustre les parcours moyens annuels du parc allemand en fonction de la cylindrée et du type d'alimentation (essence ou gasoil, références 1, 2 et 3)

FIG 3.12 : Parcours annuel des automobiles en fonction de la cylindrée



Les véhicules ont été classés en 4 classes de puissance, en fonction de leur cylindrée:

1. Classe inférieure	KK	0-40kW
2. Classe moyenne-inférieure	UMK	41-60 kW
3. Classe moyenne-supérieure	OMK	61-90 kW
4. Classe supérieure	SK>	91 kW

A chaque catégorie est attribué un kilométrage annuel moyen et pondéré : $M_{i,cc}$.

$$M_{i,cc} = \frac{\sum M_{ai,cc} * Fleet_i}{\sum Fleet_i}$$

$M_{i,cc}$ = parcours moyen annuel d'une classe de puissance et d'une cylindrée
 $M_{ai,cc}$ = parcours annuel des voitures de type i
 $Fleet_i$ = parc automobile des voitures du type i

Le kilométrage annuel est obtenu en faisant la somme des kilomètres parcourus chaque année ($M_{i,cc}$) par chaque catégorie.

Le modèle MICSIM (voir par.3.1) calcule les consommations d'énergie correspondant à la courbe de vitesse (fig.3.3) pour les quatre catégories de trafic suivantes :

1	Trafic en centre-ville	$V_m = 18,8$ km/h
2	Trafic urbain	$V_m = 26,1$ "
2	Trafic interurbain	$V_m = 77,8$ "
2	Trafic sur longue distance	$V_m = 121,2$ "

Pour une voiture à essence de la catégorie moyenne-inférieure, avec boîte à 5 vitesses, on obtient les courbes de consommation de la fig.3.13. La consommation d'énergie par voyageur-km est reproduite en fonction du taux d'occupation du moyen de transport.

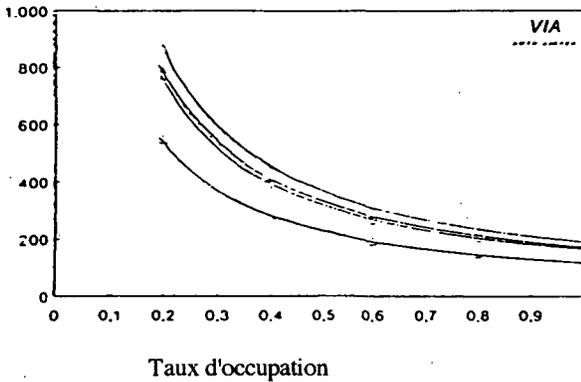
Ces courbes étant toujours hyperboliques, les valeurs sont données approximativement par une équation du type :

$$y = A * X^b$$

et les coefficients sont mémorisés dans le modèle pour toutes les voitures considérées. Le modèle MACSIM ordonne les courbes de vitesse en fonction des catégories de puissance et calcule la consommation totale d'énergie.

Fig 3.13 Courbes de consommation (voiture de classe moyenne-inférieure, à essence, 5 vitesses)

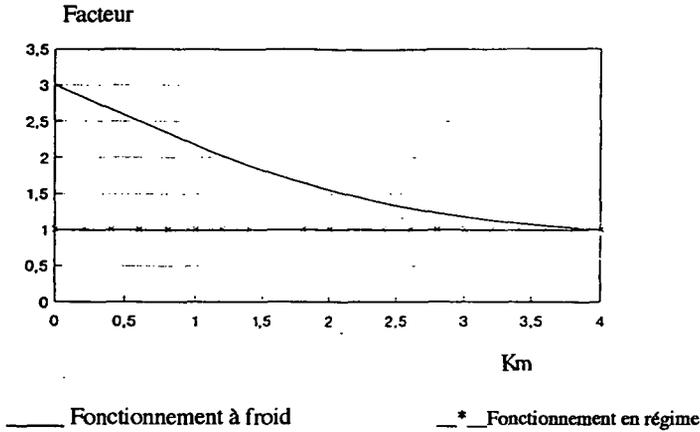
Consommation d'énergie finale (Wh/Pkm)



. = 18,8; * = 26,1; Δ = 77,8 ; - = 121,2 [km/h]

Cette consommation est ensuite corrigée sur la base d'un facteur prenant en compte la surconsommation due à la phase initiale de fonctionnement à froid des moteurs, Fig. 3.14.

Fig.3.14 : Facteur de surconsommation en phase de fonctionnement à froid du moteur



La courbe de réchauffement illustre la surconsommation d'énergie consommée lors du fonctionnement à froid du moteur

3.3.2 Calcul de la consommation énergétique des véhicules en mauvais état d'entretien

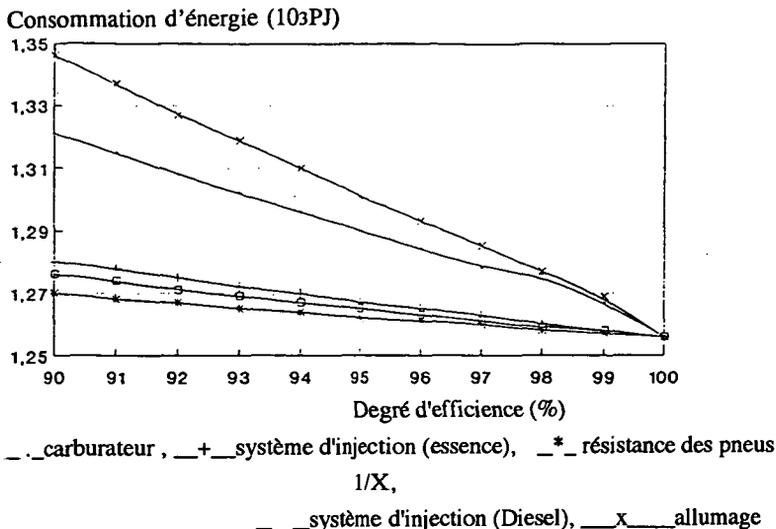
Le modèle MICSIM permet de modifier le rendement d'un moteur par une simulation des différents défauts de mise au point. Par exemple, pour simuler un mauvais entretien des pneus, on modifie dans le modèle le coefficient de roulement. MICSIM calcule les nouvelles courbes de consommation et, à l'aide de MACSIM, on calcule la nouvelle consommation globale d'énergie.

C'est ainsi que les défauts suivants de réglage et/ou de mise au point du moteur ou de la voiture ont été simulés :

1. mauvais réglage du carburateur;
2. mauvaise réglage du système d'injection du moteur à essence
3. mauvais réglage du système d'injection du moteur à gasoil
4. accroissement de la résistance au roulement (mauvais état des pneus);
5. mauvais réglage de l'allumage.

Les consommations d'énergie ont été calculées pour un parc de 27,9 millions de véhicules, sur un parcours total de 363 milliards de kilomètres. Le résultat est reproduit à la Fig. 3.15.

Fig.3.15 Surconsommation d'énergie due au mauvais entretien du parc automobile



Chaque courbe se réfère à un défaut particulier, tel qu'indiqué dans la légende figurant en bas du graphique. Par souci de clarté, on a considéré dans le calcul de la croissance, en pourcentage, de la consommation due à l'augmentation de la résistance au roulement, la réciproque de l'augmentation de la résistance.

Dans le cas le plus défavorable, la consommation augmente de 7,5 %. Pour l'ex-république fédérale d'Allemagne, ce pourcentage équivaut à une augmentation de consommation de l'ordre de $3 \cdot 10^9$ litres de combustible, soit environ 135 DM par voiture, qui pourraient être employés pour les réparations.

L'émission de CO₂ étant directement proportionnelle à la consommation d'énergie, l'élimination de ces défauts implique automatiquement une diminution de la pollution.

Références bibliographiques du chapitre 3

1. Butzke, Manfred et al. Pkw-Fahrleistungen 1987/88 (Kilométrage annuel des automobiles 1987/88) Internationales Verkehrswesen 42 (1990)- Numéro Janvier- Février
2. Pkw-Bestandsdatei des Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (Base de données du parc automobile de l'Institut des sciences des transports du RWTH de Aachen),
3. Consommation d'énergie dans le secteur des transports, collecte et comparaison des données relatives aux consommations spécifiques, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen. Etude effectuée à la demande du ministre fédéral des transports Fe Nr.90 247/88.

4 IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : ANALYSE DES RESULTATS DU MODELE MEDEE-ENV

4.1 DESCRIPTION DU MODELE MEDEE-ENV, SECTEUR TRANSPORTS

Dans sa configuration de base, le modèle MEDEE-ENV utilisé pour établir les prévisions de la demande d'énergie, est issu de la famille des modèles MEDEE, dont il représente la version la plus récente : conçue tout exprès pour s'adapter aux caractéristiques des différents pays d'Europe, cette version est entièrement transcrite pour pouvoir être utilisée sur ordinateur personnel en MS/DOS. Par rapport à la précédente version MEDEE-3, mise au point particulièrement pour la France, MEDEE ENV offre une plus grande souplesse d'utilisation grâce, notamment, à une indexation mieux articulée des paramètres et l'introduction de diverses options de calcul. Ainsi, si le niveau de désagrégation des données peut varier d'un pays à l'autre, le schéma des rapports, quant à lui, demeure inchangé.

MEDEE-ENV est composé de plusieurs sous-modèles permettant de calculer la demande d'énergie dans les différents secteurs économiques (industrie, habitat, transports etc.). Le sous-modèle « Transport », notamment, comporte six blocs correspondant chacun à un mode de transport ou à un groupe homogène de modes :

1. Automobiles
2. Deux-roues
3. Véhicules utilitaires légers
4. Transport collectif de personnes
5. Transport aérien international
6. Transport de marchandises.

Pour chaque bloc, le modèle propose plusieurs options de calcul de manière à s'adapter aux données disponibles.

4.1.1 Automobiles

Les consommations sont calculées par type de carburant, en multipliant la valeur du trafic exprimée en véhicules-kilomètres par la consommation unitaire en litres/100 km.

a) *Parc automobile*

Le parc automobile est défini en fonction de l'usage du véhicule (privé ou commercial) et du nombre de véhicules dont dispose la famille.

L'évolution du parc, tel que décomposé plus haut (ou considéré en bloc si une telle désagrégation n'est pas disponible), est calculée par une relation économétrique, en fonction du revenu des ménages. Un niveau de saturation est spécifié de manière exogène. Le modèle simule, en outre, l'évolution du parc automobile par classes d'âge des véhicules (déterminée sur la base de leur date d'achat), en utilisant un taux de renouvellement du parc. Enfin, le parc ainsi obtenu est subdivisé par type de carburant (essence, gasoil, GPL).

Le parc total est divisé en classes d'âge : parc ancien (existant la première année), parc nouveau (nouvelles immatriculations sur la dernière période), parc intermédiaire (par classes d'âge, correspondant aux différentes périodes de simulation). Le parc ancien décroît en fonction du taux de renouvellement, jusqu'à zéro ; le parc nouveau correspond à la différence entre le parc total et le parc intermédiaire+ancien ; le parc intermédiaire est calculé en fonction des différentes générations de parcs de véhicules neufs des périodes précédentes et du taux de renouvellement. Le parc nouveau correspond aux nouvelles immatriculations et les simulations peuvent se baser sur le passé en prenant en compte les statistiques des immatriculations et en adaptant le taux de renouvellement et/ou la durée de la vie de la voiture.

b) *Kilométrage annuel*

Le parcours moyen des véhicules automobiles est calculé par type de carburant. Les données correspondantes sont fournies par l'IRF (Fédération Routière Internationale) ou par les statistiques nationales. L'évolution du kilométrage moyen est défini de manière exogène, à partir d'hypothèses d'évolution des prix des carburants, des revenus et de la structure du parc, en prenant en compte les relations observées par le passé.

c) *Consommation unitaire*

La consommation spécifique conventionnelle (ou théorique) en litres/km des voitures neuves constitue la principale variable de calcul. Cette variable a donné lieu, dans la majorité des Etats membres, à un standard normalisé, qui sert ici de référence. Ces consommations spécifiques sont actualisées par les services de la Commission des Communautés européennes, par l'ADAME en France et par l'AIE/OCDE. Un coefficient permet de prendre en considération

la différence entre cette consommation « conventionnelle » et la consommation réelle observée. Ce coefficient permet de mettre en relation la consommation spécifique conventionnelle et la consommation statistique unitaire observée.

La consommation unitaire moyenne par voiture est calculée en tant que moyenne pondérée des consommations unitaires de chaque génération de parc : automobile. On suppose que la consommation théorique de l'ancien parc est constante et que la consommation moyenne n'évolue qu'en fonction des caractéristiques des nouvelles générations de voitures.

d) Dépenses de carburant en tant que variable de contrôle

Les dépenses de carburant par famille, pendant l'année initiale, permettent d'assurer la cohérence entre les données de la comptabilité nationale (source EUROSTAT-Compte SEC) et les dépenses de carburant calculées par le modèle.

4.1.2. Deux -roues

Dans le modèle, ce mode de transport est facultatif. La variable correspondante permet soit de le prendre en compte, soit de l'ignorer. La consommation d'essence est égale au produit du parc de motocycles par la consommation unitaire moyenne annuelle (en litres/km). Le parc deux roues est publié par EUROSTAT et dans les statistiques nationales : il se développe dans le modèle en fonction d'un taux de motorisation par famille, qui est exogène. La consommation unitaire devra être tirée des sources nationales ou définie par référence à d'autres pays ; son évolution est spécifiée de manière exogène. Enfin, le kilométrage moyen ne sert que pour le calcul du trafic voyageurs, sur l'hypothèse d'un taux d'occupation égal à 1 (variable de contrôle).

4.1.3 Véhicules utilitaires légers

Ce mode de transport est également facultatif. Il correspond aux véhicules dont le trafic ne figure pas dans le trafic marchandises et qui ne sont pas inclus dans le parc automobile. D'un pays à l'autre et selon l'organisation des services statistiques, ce parc peut être plus ou moins important, voire inexistant (quand il est entièrement englobé dans le parc automobile). La consommation de carburant peut être spécifiée, de la même façon que pour les voitures, selon le type de carburant (indice VM). Il résulte du produit entre le parc, un kilométrage moyen annuel par véhicule et une consommation unitaire en litres/km.

L'accroissement du parc des véhicules utilitaires légers est calculé par une relation économétrique en fonction de la valeur ajoutée du secteur des services.

L'évolution de la consommation unitaire est déduite de celle des véhicules privés. L'évolution de la consommation moyenne est définie de manière exogène.

4.1.4. Trafic collectif

a) *Trafic voyageurs*

Le nombre des modes considérés ici est variable et doit être spécifié par l'utilisateur. On peut en outre, dissocier ou non le trafic urbain du trafic interurbain.

L'ajustement sera effectué en utilisant le champ de variation des deux indices :

- indice du mode (routier, collectif, ferroviaire et aérien)
- indice du type de service (urbain et interurbain)

On calcule l'évolution du trafic collectif total sur la base d'un indicateur de mobilité dans le secteur du transport collectif, en l'occurrence le kilométrage moyen parcouru par habitant et par année avec ce type de transport. L'évolution historique de cet indicateur est généralement bien connue grâce aux statistiques des modes collectifs de transport (IRF ou sources nationales pour le transport collectif routier, EUROSTAT pour le transport ferroviaire et sources nationales pour le transport aérien). La prévision de l'évolution de cette mobilité dans le temps constitue une donnée exogène, qui doit être évaluée sur la base des données historiques et en tenant compte des programmes de développement du transport collectif.

Pour simplifier la projection de la répartition modale et identifier les modes les plus importants, le taux d'accroissement du trafic n'est défini de manière exogène que pour les modes considérés comme « stratégiques ». Pour ce qui concerne les autres modes « non-stratégiques », leur poids relatif évolue en fonction d'une variable exogène qui représente la variation absolue moyenne (c'est-à-dire basée sur les tendances) de la répartition modale par rapport au passé. On peut mesurer la valeur de cette variable par rapport au passé grâce aux données sur le trafic par mode exprimé en voyageurs-kilomètres. A ce niveau, trois variantes sont possibles :

- aucun mode stratégique : l'évolution dans le passé des subdivisions modales est donc extrapolée ;
- tous les modes sont stratégiques : ce qui signifie que l'accroissement du trafic est spécifié de manière exogène pour chacun des modes ;
- un ou plusieurs modes stratégiques.

b) *Consommation unitaire des différents modes*

La consommation unitaire des autobus et des avions doit être spécifiée pour l'année initiale, en utilisant les données nationales ou par référence à d'autres pays. Concernant le transport ferroviaire, la répartition de la consommation unitaire entre voyageurs et marchandises est calculée par le modèle en considérant la consommation globale d'énergie pendant l'année de référence et les rapports entre tonnage brut remorqué/km et voyageur/km d'un côté, et tonnes-km de l'autre (rapports jugés, dans une première approximation, comme étant identiques pour tous les pays). Les évolutions sont toutes considérées de manière exogène.

4.1.5 Transport aérien international

La consommation de carburant pour avion est obtenue en multipliant un trafic, exprimé en passagers, par une consommation unitaire par passager.

Comme il a été indiqué précédemment, cela correspond en réalité, dans de nombreux pays, au total du transport national et international, étant donné que le transport national est souvent mal connu (notamment en ce qui concerne le niveau de consommation énergétique) et négligeable par rapport au transport international. La consommation unitaire pour l'année initiale résulte, dans ce cas, directement du rapport entre la consommation de carburant par avions (bilans de EUROSTAT) et le trafic total passagers. Si un écart apparaît, la consommation du trafic national sera soustraite de la consommation totale de carburant pour avions, afin de calculer la consommation unitaire du transport international.

Le trafic évolue en fonction d'une relation économétrique par rapport au PIB ; l'évolution de la consommation unitaire est spécifiée de manière exogène.

4.1.6. Trafic marchandises

La consommation est spécifiée par mode et par type d'énergie. Elle équivaut au produit d'un trafic, exprimé en tonnes-kilomètres, multiplié par une consommation unitaire.

a) *Trafic total et/ou trafic par produit*

Le trafic marchandises est calculé en fonction de la valeur ajoutée et/ou des tonnes produites selon le secteur industriel considéré. Ceux-ci sont au nombre de quatre :

- a) industrie manufacturière ;
- b) industrie agro-alimentaire ;
- c) industrie de la construction et du bâtiment
- d) produits énergétiques.

b) *Trafic par mode*

L'approche est, dans ce cas, la même que pour le transport collectif de personnes, à savoir qu'il faut définir un ou plusieurs modes « stratégiques ».

c) Consommation unitaire des différents modes

Pour le transport par route, la consommation unitaire devra être définie pour l'année de référence, sur la base des données nationales ou, le cas échéant, par référence à d'autres pays. La consommation unitaire des camions est exprimée en litres/100 km et convertie, dans le modèle, en gep/tkm en fonction d'un taux moyen d'utilisation des camions (défini comme le rapport entre les tonnes/km et les véhicules/km). Son évolution dans le temps est définie de manière exogène.

Dans le cas du cabotage, la consommation unitaire est donnée par le rapport entre la consommation totale et le trafic exprimé en tonnes-kilomètres. L'évolution est exogène. Dans le cas du transport ferroviaire, la méthode de calcul utilisée est celle qui a été indiquée précédemment (par.4.1.4-b)

4.2 INTRODUCTION DES MESURES D'ECONOMIE DANS LE MODELE MEDEE-ENV, SECTEUR TRANSPORTS

Sur la base des lignes directrices définies dans le cadre de l'action COST 307 en ce qui concerne l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les transports, un certain nombre de modifications ont été apportées au sous-modèle « Transport » de MEDEE-ENV. L'objectif était de simuler l'impact de certaines mesures d'économie d'énergie sur la demande totale d'énergie du secteur.

Après une sélection des divers types de mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie susceptibles d'être efficacement introduites dans le modèle, le travail de modification a consisté essentiellement à identifier les variables résultant directement des mesures mêmes (soit en utilisant les variables déjà existantes dans le modèle, soit en en créant de nouvelles) et à instaurer de nouvelles relations entre ces variables.

Quatre types de mesures ont ainsi été considérées :

a) Mesures visant à diminuer la consommation du trafic privé :

- type de mesure :
- limitations de vitesse
 - obligation d'entretien du véhicule ;
 - interdiction (ou limitation) d'accès au centre des villes de plus de 20.000 habitants ;
- objectif :
- rapprocher consommation réelle et théorique;
- champ d'application :
- l'ensemble du parc automobile ;

b) mesures de type organisationnel et gestionnel :

- type de mesure :
- accroître la fluidité du trafic urbain ;
 - optimiser la distribution des marchandises; (amélioration du taux de remplissage, diminution des retours à vide, etc.);
- objectif
- améliorer le rapport véhicules- kilomètres tonnes-kilomètres et véhicules-km/passagers-km.

- rapprocher consommation réelle et théorique;

champ d'application

- tous les transports par route;

c) Mesures d'incitation à la production de véhicules d'un bon rendement énergétique

type de mesure :

- incitations ou pénalisations liées à la puissance ou à la dimension des véhicules ;
- aide à la recherche-développement dans l'industrie automobile
- normes relatives aux consommations spécifiques ;

objectif :

- réduire la consommation spécifique moyenne des véhicules neufs ;

champ d'application :

- véhicules neufs, en particulier automobiles et véhicules utilitaires légers ;

d) Mesures d'incitation au transfert modal

type de mesure :

- péages urbains, modulation des tarifs des parkings;
- accroissement de l'offre/ de l'attractivité du transport collectif urbain et augmentation de la viabilité pour ce transport et/ou lespiétons (voies réservées, métros légers, pistes cyclables)
- amélioration de l'attractivité du transport ferroviaire (développement de la grande vitesse, amélioration de la qualité du service du transport marchandises);
- développement des gares (et des ports) pour l'échange intermodal et le développement du cabotage;

objectif :
-favoriser le transfert véhicule privé/transport collectif pour des segments spécifiques de la demande de déplacement (travail, études, loisirs)
-réduire la fréquence des déplacements courts en véhicule individuel ;
-favoriser l'usage du rail (et du transport maritime) pour des parcours moyens-longs ;

champ d'application :
-déplacements urbains et interurbains, trafic marchandises.

4.3 SCENARIOS DE REFERENCE ET UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE

4.3.1 Critères généraux pour l'élaboration des scénarios

Le calcul de l'impact des mesures d'économie d'énergie dans les transports a été effectué en utilisant le modèle MEDEE-ENV selon deux scénarios différents : le scénario de référence et le scénario contenant les hypothèses d'utilisation rationnelle de l'énergie (scénario U.R.E.)

Le scénario de référence est bâti sur les hypothèses suivantes :

- le développement de la mobilité urbaine et interurbaine, concernant notamment la route, suit l'évolution tendancielle de la croissance historique : aucune mesure n'est donc prévue pour maîtriser la demande de trafic privé (urbain et interurbain).
- le développement du transport ferroviaire est conforme aux plans actuels, notamment en ce qui concerne l'introduction du réseau à grande vitesse, et l'on ne prévoit aucune politique particulière de développement du transport collectif urbain ;

-bien que l'on prévoie une saturation progressive du transport de marchandises par route, aucune mesure significative de transfert modal (ni d'amélioration de l'efficacité du transport automobile lui-même) n'a été prise.

Sur le plan de l'énergie, le scénario de référence ne prévoit pas d'initiative particulière concernant la réglementation des consommations ; bien plus, du fait des effets combinés dus à l'introduction du pot catalytique et à la diffusion de la climatisation dans les voitures, on prévoit une augmentation progressive des consommations spécifiques.

Le scénario d'utilisation rationnelle de l'énergie (U.R.E.) a pour objectif de permettre d'évaluer les possibilités d'économies d'énergie réalisables, socio-économiquement parlant, à l'horizon temporel considéré.

A cette fin , deux types d'actions sont essentiellement prévues :

- actions de caractère général au niveau de l'organisation du système des transports et des infrastructures, dont la mise en oeuvre est le fruit de la convergence des politiques de rationalisation du système des transports proprement dit (meilleure gestion du système des transports) et des politiques liées à la préservation de l'environnement et à l'utilisation efficace des ressources énergétiques.
- actions circonscrites aux domaines de l'efficacité énergétique et à la protection de l'environnement, spécifiquement axées sur la diminution des consommations d'énergie.

Le scénario U.R.E. considère donc les actions susvisées et calcule leur impact en termes de demande d'énergie par rapport au scénario de référence, dont il reprend toutes les hypothèses socio-économiques.

4.3.2 Les hypothèses de développement socio-économique¹⁰

Les deux scénarios donnent aux variables relatives au développement économique et démographique les valeurs suivantes :

¹⁰ Ainsi qu'on l'a vu, ces données, comme celles qui suivent, se réfèrent à la simulation effectuée sur le cas Italie

VARIABLES DEMOGRAPHIQUES

	1900	2000	2010	2020
Population (millions)	57.5	58.7	59.8	61.0
Nombre de familles	21.2	23.4	23.6	23.9
Personnes par famille	2.7	2.5	2.5	2.5

VARIABLES ECONOMIQUES (TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL)

Périodes	1985-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020
Valeur ajoutée				
Industrie	4,1	2,2	1,9	1,7
Agriculture	1,1	1,0	1,0	0,5
Services	2,6	2,6	2,5	2,1
Produit national brut	3,1	2,4	2,2	1,9
Consommation des ménages	3,7	2,8	2,5	2,2

Ainsi qu'il a été dit plus haut, ces hypothèses de développement socio-économique sont identiques dans les deux scénarios. Ce choix, à la limite peu rigoureux, n'en permet pas moins de mieux comparer la demande d'énergie dans les deux scénarios, sur la base des seules hypothèses liées à la réglementation du transport, au « net » des différents scénarios éventuels de développement économique.

4.3.3 Les hypothèses du scénario U.R.E.

Les hypothèses retenues dans le scénario U.R.E. sont décrites ci-après en fonction des quatre grandes typologies de mesures reproduites au paragraphe 4.2.

4.3.3.1 Mesures législatives visant à la diminution de la consommation du trafic privé

Ces mesures se répartissent (voir supra) en trois catégories :

- limitations de vitesse
- obligation d'entretien et de maintenance périodiques
- interdiction d'accès au centre des villes de plus de 200.000 habitants.

Les deux premières mesures visent à rapprocher les consommations spécifiques réelles des consommations théoriques annoncées par les constructeurs. Selon les estimations, les consommations réelles seraient, à l'heure actuelle, supérieures en moyenne de 50 % par rapport aux consommations théoriques. L'écart monte à 80 % pour les seuls parcours urbains et tombe à 30 % pour les trajets interurbains. Ces valeurs sont la résultante des écarts entre les consommations réelles et théoriques du parc automobile en fonction de l'âge moyen, du type de parcours et des conditions de fonctionnement. Le schéma suivant fournit une désagrégation de ces surconsommations en fonction de trois conditions de marche différentes dans les parcours urbains et extra-urbains :

ECARTS EN POURCENTAGES ENTRE LES CONSOMMATIONS THEORIQUES ET REELLES

	Parcours urbains	Parcours interurbains
Paramètres de fonctionnement parc neuf	Parc (classes d'âge) ¹¹ ancien interm. Neuf	Parc (classes d'âge) ancien interm.
Vitesse/fluidité	+20%	=10%
Entretien	+25% =20% 7% (total +15%) +30%	=25% +20% 7% (total +30%)
Départs à froid/ courtes distances		
Ensemble des paramètres ¹²	+95% +85% +55% (ensemble +80%)	+35% +30% +15% (ensemble +30%)

En ce qui concerne la vitesse, on estime qu'une diminution de 10 km/h de la vitesse maximale entraîne globalement une diminution de 15 % de la vitesse moyenne

¹¹ par *ancien*, on entend le parc d'âge moyen > de 5 ans, et par *intermédiaire*, le parc d'âge compris entre 1 et 5 ans.

¹² L'effet global résulte des effets en partie additionnés et en partie cumulés (produit du % d'écart)

interurbaine. Cette diminution permet concrètement de réduire à zéro l'écart de 10 % entre consommation théorique et réelle, indiqué sur le tableau.

Par ailleurs, l'effet des mesures concernant l'entretien permet d'améliorer de 10 % les écarts théoriques/réels attribués aux véhicules anciens et intermédiaires (logiquement pour les deux parcours).

L'interdiction d'accès aux centres-ville répond à la nécessité de réduire une perte d'énergie évidente due à la congestion du trafic, tout en résolvant les problèmes de plus en plus aigus d'environnement et de mobilité urbaine.

Cette mesure, déjà mise en oeuvre dans les principales villes italiennes, devrait se généraliser dans la décennie 1990-2000, parallèlement à d'autres dispositions visant à augmenter le coût de l'utilisation de l'automobile en ville (tarifs élevés de parking, péages d'entrée). L'interdiction d'accès devrait être introduite partout où les désincitations économiques font défaut. On estime qu'une interdiction totale d'accès au centre provoquerait sur la période considérée une diminution globale de 10% dans la disponibilité de réseau routier urbain pour les automobiles. Il s'en suivrait une baisse proportionnelle de la mobilité urbaine des véhicules privés qui se répercuterait tant sur la distance moyenne parcourue en un an par une automobile que sur le trajet effectué en voiture, en zone urbaine, par personne.

Pour que cette mesure puisse être supportée socialement, on prévoit parallèlement une politique de développement du transport public urbain propre à absorber jusqu'à la moitié du déficit de la mobilité privée qui viendrait à se produire.

4.3.3.2 Mesures en matière d'organisation et de gestion.

Les deux types de mesures envisagées sont les suivants :

- mesures visant à améliorer la fluidité de la circulation en zone urbaine (intensification de la chasse aux stationnements irréguliers, synchronisation des feux etc.) de manière à faire croître la vitesse moyenne urbaine des véhicules de 50% (de 20-25 à 30-35 km/h);
- mesures visant à améliorer le taux de remplissage moyen des camions moyennant l'élimination des retours à vide et des remplissages partiels ;

On considère qu'une augmentation de 50 % de la vitesse urbaine des véhicules permet, par rapport à la situation actuelle, une diminution de 10 points en pourcentage de l'écart entre la consommation théorique et la consommation réelle en ville (qui passe ainsi de 20% à 10%).

Les mesures visant à améliorer le taux de remplissage moyen des camions devraient permettre de l'augmenter de 15% en faisant passer la charge moyenne transportée de 7 à 8 tonnes-kilomètres/véhicules-kilomètres.

4.3.3.3 Mesures de promotion pour la production de véhicules économes en énergie

Ces mesures se répartissent en deux catégories :

- aides à la recherche-développement sur les moteurs et véhicules sobres ;
- actions incitatives menées auprès des constructeurs pour promouvoir la commercialisation de véhicules à bon rendement énergétique (sensibilisation des consommateurs, mise en évidence par un étiquetage spécifique des caractéristiques de consommation, incitations fiscales éventuelles...).

Pour les voitures à essence, ces actions devraient contribuer à compenser à l'horizon 2010 les surconsommations dues à la diffusion future du pot catalytique et de la climatisation des voitures ainsi qu'à réduire de 5 % net les consommations spécifiques d'ici à 2020.

Pour les voitures à gasoil, on pourrait obtenir une réduction nette de 15% des consommations spécifiques d'ici l'an 2000, de 25% en 2010 et de 30% en 2020.

Ces objectifs englobent, bien évidemment, les véhicules utilitaires légers. Pour les camions, les objectifs d'amélioration des consommations spécifiques sont de l'ordre de 2% d'ici l'an 2000, de 8% en 2010 et de 13% en 2020.

4.3.3.4 Mesures d'incitation au transfert modal

Le scénario U.R.E considère les mesures suivantes :

- mesures de caractère fiscal destinées à décourager l'usage de la voiture en ville : taxe ou péage d'entrée en ville, généralisation et hausse des tarifs des parkings. L'ensemble de ces mesures permettrait de multiplier par trois le coût kilométrique de la voiture sur les trajets urbains d'ici l'an 2000 et par cinq d'ici 2020. Ainsi qu'on l'a vu au paragraphe 4.3.3.1, au cas où ces mesures s'avèreraient insuffisantes pour maîtriser le trafic urbain, les mesures d'interdiction d'accès aux centres-villes sont considérées comme acquises. L'effet de telles dispositions, soit la diminution du trafic privé urbain, a été commenté au par.4.3.3.1.;
- accroissement de l'offre de transport collectif urbain : outre le développement des transports publics sur infrastructures fixes (métro, tramway et chemins de fer urbains), jugé identique dans les deux scénarios (qui conduit à une croissance moyenne de 0,5 % par an de la mobilité collective urbaine), on augmente globalement de 25% l'offre des autobus jusqu'à l'an 2000 de manière à compenser en partie (entre 1/3 et la moitié) la diminution de la mobilité privée due à la première mesure ; le niveau de cette offre est ensuite maintenue constant jusqu'en 2020.;
- dans le scénario U.R.E., le développement du réseau ferroviaire dépasse la prévision prise comme hypothèse dans le scénario de référence. L'objectif est d'accroître de 1% en moyenne par an le taux de croissance de la mobilité sur rail de manière à atteindre à l'horizon 2020 un volume de trafic global de plus de 90 milliards de voyageurs-km (par rapport aux 49 109 voyageurs-km actuels).;
- suite à ce développement du réseau ferroviaire, le trafic marchandises pourra augmenter sans avoir à souffrir de la saturation des lignes (augmentant ainsi son attractivité commerciale dans la mesure où il pourra atteindre des vitesses moyennes plus élevées). Parallèlement, l'offre d'infrastructures mixtes pour l'échange intermodal devra également augmenter. Afin d'optimiser l'usage de ces infrastructures, des mesures adéquates sont prévues visant à transférer le trafic sur longue distance de la route au rail (facilités financières, construction de terminaux rail/route pour le transport combiné, embranchements pour les grandes et moyennes industries). L'objectif prévu est d'accroître d'un point en pourcentage, de 1995 à 2000, le taux de croissance du trafic ferroviaire de marchandises par rapport au scénario de référence, et ensuite d'un demi point jusqu'en 2020:
- parallèlement, le scénario U.R.E. implique un développement accru du cabotage en vue de réaliser l'objectif d'environ 25 109 tonnes-km supplémentaires par rapport au scénario de référence.

4.3.4 Analyse et interprétation des résultats des calculs

4.3.4.1. Une économie potentielle de 14 Mtep en 30 ans

La comparaison des résultats globaux des deux scénarios montre que l'ensemble des mesures U.R.E. considérées est susceptible de produire 6,2 Mtep/an d'économie d'ici l'an 2000, 10,8 Mtep/an en vingt ans et 14 Mtep/an à l'horizon de 2020.

ECONOMIE POTENTIELLE (MTEP)

SCENARIOS	1990	2000	2010	2020
Référence	34,6	40,1	43,3	45,5
U.R.E	34,6	33,9	32,5	31,5
Economie potentielle	-	6,2	10,8	14,0

Autrement dit, sans remettre en cause le mode de vie et la mobilité des individus et pour satisfaire aux exigences de développement des transports en fonction du développement socio-économique, il serait possible, grâce à une politique ciblée et coordonnée, de réaliser une économie totale de 31 % des consommations énergétiques par rapport à une évolution tendancielle et de réduire de 9% environ, en valeur absolue, le niveau des consommations en l'espace de 30 ans.

Une telle économie serait imputable, pour les deux tiers environ, au transport voyageurs, celui de marchandises contribuant pour le tiers restant :

CONSOMMATIONS TOTALES DU TRANSPORT DE VOYAGEURS ET DE MARCHANDISES (MTEP)

	1990	2000	2010	2020
Voyageurs				
Scénario de référence	23,8	27,9	29,8	30,5
Scénario U.R.E.	23,8	22,9	21,9	21,2
Economie		5,0	7,9	9,3
Marchandises				
Scénario de référence	10,8	12,1	29,8	15,0
Scénario U.R.E.	10,8	11,0	10,6	10,3
Economie		1,2	2,9	4,7

En définitive, les mesures U.R.E permettent de prévoir la stabilisation, au niveau actuel, de la consommation du transport de marchandises, malgré une croissance de 45% du trafic total, ainsi qu'une diminution de 2,6 Mtep en valeur absolue pour le transport de personnes, soit environ 11 % du niveau actuel des consommations.

4.3.4.2 Le rôle de la voiture particulière

Quelque 9,3 Mtep des 9,4 MTEP d'économies obtenues dans le transport routier sont imputables au transport de voyageurs.

Ces économies sont pour l'essentiel le fruit des mesures relatives à l'amélioration technique des moteurs et des voitures, notamment de la réduction des consommations spécifiques à contre-courant de l'évolution tendancielle. Ces mesures contribuent, à l'horizon de 2020, pour plus de 60 % aux économies potentielles (5,8 Mtep)

Toujours à l'horizon 2020, les différentes mesures relatives à la gestion des véhicules automobiles et du trafic et visant le rapprochement des consommations spécifiques réelles et théoriques annoncées par les constructeurs, contribuent pour environ 13 % , soit 1,2 MTEP au total.

Enfin, les mesures visant à décourager ou interdire l'accès des voitures aux centres-villes contribuent à l'économie totale pour environ 25 % (2,3 Mtep).

L'examen du tableau fait ressortir que l'effet relatif des différentes mesures se modifie profondément au fil des ans. Au départ, la répartition est quasiment uniforme, avec une certaine priorité pour les mesures liées à la gestion et l'organisation. Ensuite, ces dernières cèdent peu à peu le pas aux actions de caractère technique, tandis que la contribution des mesures liées au contrôle du trafic urbain ne subit guère de modifications.

IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE

- VOYAGEURS -

	2000	2010	2020
Economie potentielle voitures particulières (Mtep)	5,1	8,1	9,4
dont pour des mesures de type :			
Technologique	30%	54%	62%
Gestion/organisation	38%	19%	13%
Accès aux villes	32%	27%	25%
	100%	100%	100%

On remarquera, enfin, que la croissance des consommations due à l'accroissement du trafic ferroviaire et des autobus, prévu dans le scénario U.R.E, est beaucoup plus modeste comparé aux économies d'énergie réalisées sur les voitures : +0,13 Mtep en 2000, +0,10 Mtep en 2010 et +0,10 Mtep en 2020.

4.3.4.3 Stabiliser la consommation pour le transport de marchandises

Pour stabiliser à son niveau de 1990 (11 Mtep) la consommation du transport de marchandises, il faudrait réaliser globalement 4,7 Mtep d'économie par rapport à l'évolution tendancielle. Cette économie, qui concerne exclusivement le transport routier, est égale à 5,0 Mtep au total, subdivisés en 4,5 Mtep sur les camions et 0,5 Mtep sur les véhicules légers.

Dans le transport de marchandises, les différentes mesures envisagées contribuent de façon relativement équilibrée au total de l'économie réalisable. En 2020, en effet, les actions liées à l'amélioration de l'efficacité technologique et à la gestion du transport y contribuent pour environ 40 % chacune.

Le transfert modal de la route vers le rail et le cabotage (égal à environ 35 milliards de tonnes-km en l'espace de trente ans) contribue pour environ 20 % à l'économie d'énergie à l'horizon 2020 (soit une réduction de 15 % du trafic routier de marchandises).

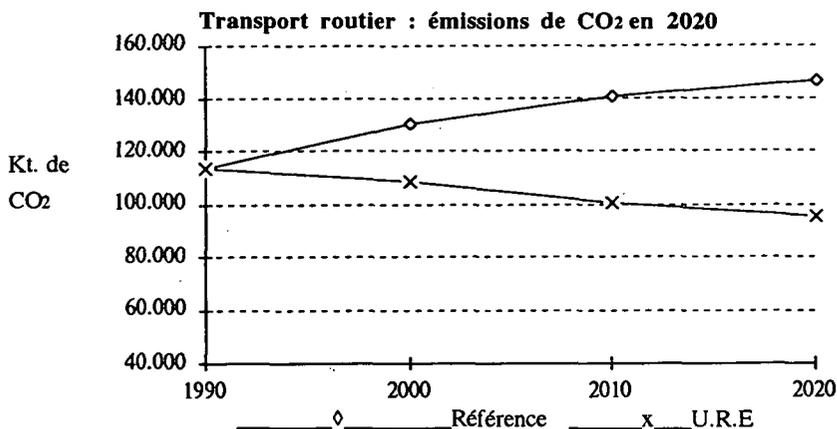
On notera que le transfert du trafic marchandises vers le rail et le cabotage entraîne une croissance des consommations de ces deux modes que l'on peut estimer à 0,04 Mtep en 2000, 0,16 Mtep en 2010 et 0,32 en 2020 ; cette croissance est relativement modeste si on la compare à l'économie d'énergie réalisable par les camions.

**L'IMPACT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE
- MARCHANDISES -**

	2000	2010	2020
Economie potentielle due aux camions (Mtep)	0,9	2,6	4,5
dont par des mesures de type :			
Technologique	20%	35%	40%
Gestion/organisation	55%	40%	40%
Transfert modal	25%	25%	20%
	100%	100%	100%
Economie potentielle due aux véhicules utilitaires légers (Mtep)	0,3	0,4	0,5

4.3.5 Les émissions de CO₂

Le panorama de la demande d'énergie dans le transport et des économies réalisables en fonction des mesures décrites est utilement complété par une évaluation approximative, toujours à simple titre d'indication, des émissions globales de CO₂ imputables aux carburants utilisés dans le transport routier;



	Scénario de référence				Scénario U.R.E.		
	1990	2000	2010	2020	2000	2010	2020
Tonnes de CO ₂ de :							
GPL	7.285	6.457	3.990	1.691	5.082	2.807	1.128
Gasoil	57.169	62.795	68.963	75.583	54.980	51.423	49.052
Essence	49.352	61.631	67.631	69.474	48.375	46.766	45.110
Total	113.806	130.884	140.584	146.748	108.438	100.997	95.290

Le calcul des émissions est basé sur les facteurs d'émission suivants 13

Facteurs d'émission de CO₂ due au transport routier
(teneur totale en carbone)

Carburant	Tonnes/Ktep
GPL	3.997
Gasoil	3.520
Essence	3.594

13 ENEA, Rome : « Les gaz à effet de serre »,
Gaudioso, D'Onofrio, 1991

5.LE CONTROLE DES EMISSIONS PAR DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE (ANALYSE DES RESULTATS DU MODELE EFOM-ENV)

5.1. IMPACT SUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS : METHODOLOGIE

5.1.1 Panorama méthodologique

Le contenu de ce chapitre s'appuie sur les résultats de l'étude « Analyse coûts-efficacité des actions de réduction du CO₂ » réalisé dans le cadre du programme « Joule-Modèles pour l'énergie et l'environnement » de la D.G.XII de la CEE. La méthodologie suit l'approche dite « bottom up » et l'instrument utilisé dans cette analyse est le modèle EFOM-ENV (Energy Flow Optimisation Model). Ce modèle est en mesure d'indiquer la meilleure combinaison des choix théoriques possibles au coût minimum, et les coûts qui y sont associés, en fonction d'une politique nationale donnée de réduction des émissions de CO₂.

Le modèle EFOM-ENV est un modèle d'optimisation qui analyse, pour chacun des Etats membres de la Communauté européenne, les secteurs de la demande et de l'offre d'énergie. EFOM décrit les processus d'approvisionnement des sources d'énergie (extraction, importation et exploitation des sources renouvelables), les principaux processus de transformation (raffinage, production d'énergie électrique) et, enfin, les processus de transformation de l'énergie finale en énergie utile et en services des secteurs de la demande (industrie, résidentiel-services, transports).

Comme dans la plupart des modèles d'optimisation énergétique, la demande finale est définie de manière exogène, de même que sont imposées de manière exogène les contraintes de caractère politique et législatif. Le système énergétique est ainsi optimisé conformément à ces contraintes exogènes et, bien entendu, aux contraintes internes au système énergétique. Les contraintes exogènes incluent depuis peu celles qui sont liées aux émissions acides polluantes (SO₂ et NO_x) imputables aux grandes installations industrielles et au trafic routier, et qui sont codifiées dans les législations en vigueur, communautaires ou nationales.

Les banques de données des modèles EFOM-ENV comprennent des éléments d'information détaillés sur les prix des combustibles, les coûts d'investissement et de fonctionnement, la disponibilité et l'efficacité des différentes technologies de production, la transformation et l'utilisation de produits énergétiques, les facteurs d'émission et les techniques de réduction de SO₂/NO_x. Ces banques de données sont subdivisées en « sous-systèmes » qui

se réfèrent à des secteurs spécifiques du système énergétique. Les sous-systèmes ont été classés, à leur tour, en cinq macro-secteurs :

- 1) le secteur de l'offre d'énergie, qui comprend les sous-systèmes suivants : charbon, pétrole et gaz naturel, avec les activités et processus correspondants (extraction, transformation/raffinage, importation et exportation, transport);
- 2) le secteur de la production d'énergie électrique (centralisée, autoproduction, cogénération et chauffage à distance) ;
- 3) le secteur des consommations d'énergie dans l'industrie avec des détails particuliers sur la production de ciment et la sidérurgie ;
- 4) le secteur des transports (consommations de carburant et d'énergie électrique pour le transport de voyageurs et de marchandises) ;
- 5) le secteur des usages civils de l'énergie (consommations finales d'énergie des ménages et du tertiaire).

5.1.2. Secteur des transports

Ainsi qu'on l'a vu, le modèle EFOM-ENV exige que les niveaux de la demande énergétique soient spécifiés de manière exogène. Dans le secteur des transports, la demande est exprimée en trafic voyageurs et marchandises et les données correspondantes utilisées dans le cadre de cette étude sont extraites du scénario Conventional Wisdom de la DGXII de la CEE (Etude sur l'énergie en 2010).

Le trafic marchandises et voyageurs est réparti entre les différents modes de transport : routier, ferroviaire, aérien et cabotage. Cette subdivision sort également de manière exogène du scénario Conventional Wisdom de la DGXII. Autrement dit, le modèle ne gère aucun type de transfert modal (ou, dans certains cas, seulement de façon limitée). Cela traduit le fait que le problème du choix entre transport collectif et individuel, par exemple, ne relève pas uniquement du coût direct (coûts du carburant et de l'investissement), mais ne pourra être résolu que si des mesures adéquates sont prises.

Chaque mode de transport est subdivisé en fonction du combustible utilisé (par exemple, gasoil et énergie électrique pour les chemins de fer, essence, gasoil, GPL ou méthanol pour les voitures particulières). De plus, les voitures à essence sont divisées en trois catégories pour se conformer à la législation communautaire relative aux émissions de NO_x :

voiture de cylindrée inférieure à 1,4 litre, entre 1,4 et 2,0 litres, et supérieure à 2,0 litres. Le rapport entre le parc de voitures et les chiffres du trafic est donné par le kilométrage annuel moyen parcouru par le véhicule et le taux moyen d'occupation du véhicule lui-même. Enfin, l'évolution du rapport entre les données du trafic et les consommations de carburant, par mode de transport, reflète les améliorations « naturelles » de l'efficacité technique.

5.1.3. Mesures d'économie d'énergie dans les transports

Les banques de données, régulièrement actualisées par les groupes de travail nationaux, ont été élargies de manière à englober une large gamme d'options portant sur la réduction des émissions de CO₂, et notamment les énergies renouvelables, les technologies avancées pour l'utilisation des combustibles fossiles et les mesures de conservation de l'énergie. En ce qui concerne les transports, la plupart des groupes de travail nationaux ont collecté les données relatives au transport routier en mettant particulièrement l'accent sur le transport de voyageurs, compte tenu du plus grand impact environnemental de ce mode par rapport aux autres.

Pour réduire la consommation d'énergie et, par voie de conséquence, les émissions, on a considéré les mesures techniques, mais aussi comportementales. Ces dernières ont été introduites en raison essentiellement du fait que la plus forte réduction des émissions polluantes dans le secteur des transports résultera probablement de changements qui ne sont pas liés aux mesures technologiques. En entrant davantage dans les détails, les économies de carburants ont été obtenues grâce à des mesures portant sur la circulation et la mobilité, comme l'onde verte, les campagnes en faveur de la mise au point du moteur, les limitations de vitesse ou le covoiturage, plus que par l'utilisation de moteurs plus efficaces ou de voitures de moindre puissance. A cet égard, on est parti de l'hypothèse que cette dernière option permettrait d'économiser du carburant sans entraîner de coûts d'investissement supplémentaires, alors que le progrès technique, qui pourrait conduire à d'autres économies de carburant après l'an 2000, s'accompagnerait d'un accroissement du coût d'investissement dans l'achat d'une voiture.

Aucun des coûts n'a été associé aux mesures relatives à la circulation et la mobilité. En effet, on considère qu'ils sont négligeables par rapport à l'investissement dans l'achat de la voiture. Il est bien évident que, pour le succès de la mesure, la prise de conscience du consommateur et les incitations appropriées jouent dans ce cas un rôle crucial, même si elles ne sont pas évaluées dans la présente étude.

Il y a lieu de préciser, enfin, que l'éventail des options de réduction des émissions de CO₂ dans les transports considéré dans la présente étude est loin d'être complet. En particulier,

l'étude n'a pas pris en compte le transfert des modes de transport plus polluants vers les modes moins dommageables pour l'environnement, en raison des difficultés d'évaluation des coûts et des possibilités énergétiques susceptibles d'être associées à de telles mesures.

5.1.4. Impact des mesures d'économie d'énergie sur l'énergie et sur l'environnement

L'impact des mesures d'économie d'énergie dans les transports sur la demande finale d'énergie et sur les émissions polluantes (NO_x et CO₂) dans ce secteur a été évalué tout d'abord en l'absence de toute limitation concernant les émissions de CO₂ (hypothèse « sans contraintes CO₂»). Il a ainsi été possible d'identifier les économies d'énergie offrant le meilleur rapport coût-efficacité ainsi que celles qui résultent des améliorations « naturelles » de l'efficacité technique. En second lieu, on a identifié d'autres économies d'énergie, toujours d'un bon rapport coût-efficacité, qui sont nécessaires au respect de plusieurs contraintes de réduction de l'anhydride carbonique. Ces dernières vont de la stabilisation des émissions polluantes en l'an 2000 à des réductions croissantes des pourcentages d'émission à partir de 2005 par rapport aux valeurs de 1988 (c'est-à-dire 5%, 10%,...). Ces cas sont dits « cas avec contraintes CO₂ »).

La prise en compte dans le modèle de ces mesures d'économie d'énergie a permis d'évaluer la baisse de la consommation énergétique (en particulier du pétrole) et, par là même, des émissions polluantes. Le paragraphe suivant quantifie le rapport entre économie d'énergie et maîtrise de la pollution dans le secteur des transports.

5.2 LE CONTROLE DES EMISSIONS DANS LES TRANSPORTS GRACE A DES MESURES D'ECONOMIE DE'ENERGIE : RESULTATS

L'un des principaux résultats de cette analyse coût-efficacité est l'identification de l'ensemble des possibilités de réduction des émissions de gaz carbonique au plus faible coût qui soient conformes aux différents objectifs de réduction des émissions même. Les options retenues sont celles qui minimisent les coûts dus pour satisfaire la demande d'énergie utile et pour respecter l'objectif de réduction des émissions de CO₂. Le paragraphe 5.2.1 reproduit le classement des différentes options pour chaque mesure d'économie d'énergie dans les transports.

L'économie d'énergie, généralement considérée comme la meilleure option sur le plan coût-efficacité pour réduire les émissions d'anhydride carbonique, devrait relever des stratégies à mettre en oeuvre « à tout prix » Les résultats de la présente étude (voir paragraphe 5.2.2)

confirment le bien-fondé de cette vision des choses. La plupart des mesures d'économie d'énergie ont, en outre, prouvé leur bon rapport coût-efficacité, même en l'absence de contraintes d'émissions de gaz carbonique. Ce qui signifie que l'utilisation efficace de l'énergie constitue une stratégie « gagnante » pour l'économie dans son ensemble, indépendamment des préoccupations liées à l'effet de serre. Un tel choix permet non seulement d'économiser des devises, mais aussi de diminuer les tensions du marché du pétrole - ce qui est vrai particulièrement pour les économies d'énergie dans les transports- et de remédier à d'autres problèmes d'environnement plus traditionnels, celui des pluies acides par exemple. Ce dernier aspect fera l'objet d'une analyse plus approfondie au paragraphe 5.2.3.

5.2.1. Economies d'énergie offrant un bon rapport coût-efficacité dans le secteur des transports

En l'absence de contraintes d'émissions de CO₂, et dans la mesure où ces options ont été examinées dans les études nationales, ce sont les mesures relatives à la circulation et à la réduction de la puissance des voitures qui présentent le meilleur rapport coût-efficacité. Cela n'a rien d'étonnant, étant donné que l'on était parti de l'hypothèse que ces mesures devraient avoir un coût nul ou du moins négligeable par rapport aux coûts d'investissement dus à l'amélioration technique.

En revanche, les mesures d'incitation à l'offre d'automobiles plus efficaces, qui devraient être disponibles après l'an 2000, n'ont été considérées par le modèle que lorsque des réductions de CO₂ relativement élevées étaient imposées. Le tableau 5.1 indique, pour chaque Etat membre, pour quel pourcentage de réduction de CO₂ il est nécessaire de disposer de ce type d'automobiles. Ces pourcentages sont comparés également avec la réduction maximale de CO₂ qu'il serait possible de réaliser après l'an 2000.

Tab. 5.1 : Seuil de convenance des "voitures plus efficaces » par pays 14.

« Voitures plus efficaces »	% de réduction du CO2	Réduction maximale du CO2 d'ici à 2005
Belgique	15%	15%
Danemark	-	40%
France	n.communicué	20%
Allemagne	30%	30%
Grèce	10%	10%
Italie	5%	11%
Hollande	Constant	7%
Portugal	non communiqué	50%
Espagne	10%	
Grande-Bretagne	non communiqué	30%

5.2.2 Contribution de l'économie d'énergie dans les transports à la baisse de la demande finale d'énergie et d'émissions de CO2

L'analyse coût-efficacité de la plupart des mesures d'économie introduites dans le sous-système « Transports » montre que la diminution de la demande finale d'énergie (notamment du pétrole) est indépendante des contraintes environnementales imposées. Plus précisément, si toutes les mesures d'économie coût-efficacité étaient mises en oeuvre, la demande finale d'énergie dans les transports enregistrerait une baisse de 11 % en l'an 2000 et de 15 % en 2020 par rapport au niveau EUR 10 (EUR 12 moins l'Irlande et le Luxembourg). Des chiffres similaires sont repris pays par pays dans le tableau 5.2 :

14 Le Danemark n'a pas inclus ces options dans le modèle

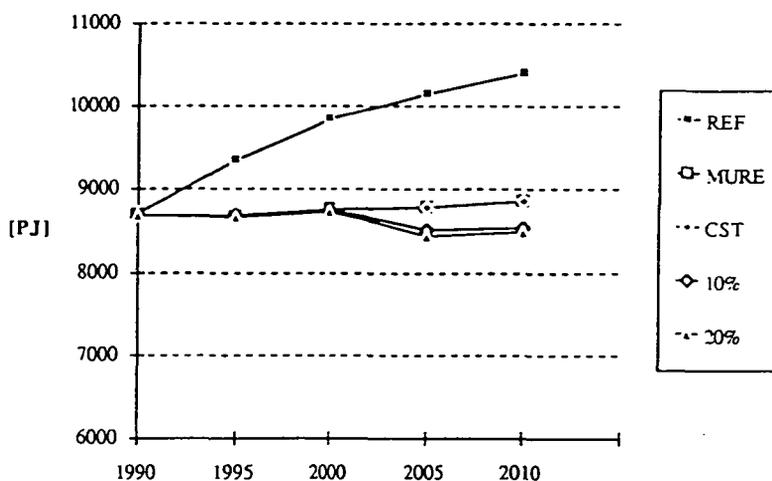
Tab. 5.2: Diminution de la demande finale d'énergie dans le transport, sur la base des mesures « coût-efficacité » d'économie d'énergie (en %).

	2000	2010
Belgique	18%	20%
Danemark	10%	10%
France	6%	18%
Allemagne	10%	10%
Grèce	12%	15%
Italie	5%	12%
Pays-Bas	16%	19%
Portugal	6%	14%
Espagne	1%	11%
Grande-Bretagne	18%	20%

Pour réduire de 10% (20%) les émissions de CO₂ en 2010, il faudrait réaliser une baisse supplémentaire de 3% environ (4%) de la consommation de carburant. Par conséquent, et malgré les prévisions d'un accroissement du parc automobile, la consommation de carburant dans les transports devrait diminuer en 2010 par rapport aux niveaux actuels dans les deux scénarios de réduction. Ces tendances sont illustrées dans la figure 5.1. pour divers scénarios d'émissions (15) polluantes. En ce qui concerne les émissions de gaz carbonique et l'ensemble

15 REF et MURE sont des scénarios sans contraintes de réduction de CO₂ : le premier ne concerne que les améliorations « naturelles » d'efficacité technique dans les secteurs de la demande, le second comporte d'autres mesures éventuelles d'économie d'énergie. Les autres scénarios prévoient des contraintes de réduction de CO₂, en prenant pour référence les niveaux de 1988

Fig. 5.1 : Scénarios de demande d'énergie finale dans les transports, (EUR 10)¹⁶



des pays EUR 10, les économies d'énergie coût-efficacité dans les transports (celles qui sont réalisées en l'absence de contraintes de réduction des émissions de CO₂) devraient contribuer pour 43 % à la réduction totale d'émissions en l'an 2000 et en 2010, tandis que les 57 % restants proviendraient des mesures d'économie d'énergie dans le secteur des ménages et du tertiaire. Il ne faut pas oublier que la réduction totale des émissions d'oxyde carbonique découlant de la prise en compte du potentiel technique d'économie « coût-efficacité » dans le secteur domestique, tertiaire et des transports, a été globalement estimée à 7 % en l'an 2000 et à 9 % en 2010.

Etant donné que la part la plus importante du potentiel d'économie d'énergie a déjà été sélectionnée par le modèle dans le cas « sans contraintes CO₂ », la contribution des transports à la réduction totale de CO₂ diminue lorsque les contraintes en matière d'émissions totales de CO₂ se renforcent. Par exemple, dans le cas « réduction 20% » et au niveau communautaire, le transport contribuerait pour 24 % en l'an 2000 et 17 % en 2010 à l'objectif de réduction.

Des chiffres similaires par Etat membre figurent dans le tableau 5.3 pour l'année 2010.

¹⁶ Ces données sont extraites de la référence I.

Tab 5.3 : Contribution du secteur du transport , par pays, à la réduction des émissions totales de CO₂ en 2010

2010	CO ₂ scénario sans contraintes	CO ₂ scénario avec contraintes	% de réd. de CO ₂
Belgique	45%	22%	15%
Danemark	56%	10%	20%
France	50%	19%	20%
Allemagne	56%	14%	20%
Grèce	40%	9%	10%
Italie	32%	16%	11%
Hollande	53%	21%	7%
Portugal	28%	12%	(+) 50% (*)
Espagne	0%	18%	10%
Grande-Bretagne	44%	25%	20%

(*) une augmentation de 50% par rapport au niveau de 1988

5.2.3. Evolution des émissions de CO₂ et NO_x dans les transports en fonction des contraintes de réduction des émissions de CO₂

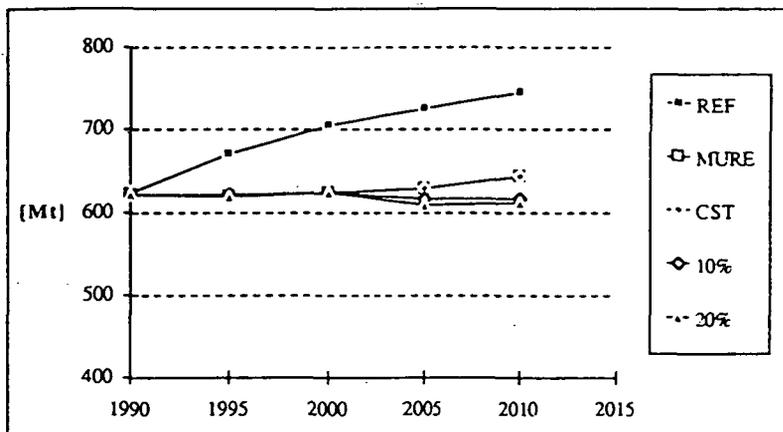
** Emissions de CO₂*

Compte tenu de l'accroissement du trafic - notamment routier - d'ici à 2010 et en dépit des améliorations « naturelles », selon les prévisions d'efficacité technique du scénario Conventional Wisdom de la DGVII, les émissions de CO₂ dues aux transports devraient augmenter de 13 % en l'an 2000 et de 19 % en 2010 au niveau communautaire.

La prise en compte des économies d'énergie d'un bon rapport coût-efficacité, s'ajoutant à celles qui résultent des améliorations « naturelles » de l'efficacité technique, permettrait de limiter l'augmentation des émissions de CO₂ à 1 % en l'an 2000 et à 3 % en 2010. Enfin, un objectif de réduction globale de CO₂ égale ou supérieure à 10 % conduirait à la stabilisation des émissions de CO₂ dues aux transports après l'an 2000 dans l'ensemble de la Communauté. Il convient de rappeler que la stabilisation est obtenue sans considérer une autre option de réduction des émissions polluantes, à savoir le passage à des modes de transport plus respectueux de l'environnement.

L'évolution des émissions dans les transports en fonction des contraintes de réduction des émissions de CO₂ est illustrée à la figure 5.2 pour EUR 10.

Fig. 5.2 : Evolution des émissions de CO₂ dans les transports en fonction des contraintes en matière d'émission de CO₂ (EUR 10).



Ces courbes font la synthèse des tendances opposées observées dans les Etats membres : les augmentations significatives des émissions de CO₂ au Danemark, en Grèce, au Portugal et en Espagne - en dépit des mesures d'économie d'énergie - sont compensées par d'importantes réductions dans les autres Etats de la Communauté. Le tableau 5.4 fait apparaître, pour certains des Etats membres, l'augmentation et la diminution de CO₂ dans les transports à l'horizon 2010 par rapport aux niveaux actuels

Tab. 5.4 : Augmentation (+) ou diminution (-) du CO2 dans les transports en 2010 par rapport aux niveaux actuels d'émission pour certains Etats membres.

2010	CO2 scénario sans contrainte type A	CO2 scénario avec contrainte type b	CO2 scénario avec contrainte	% de réd. de Co2
Belgique	+10%	-13%	-17%	15%
France	+11%	-9%	-9%	20%
Allemagne	-6%	-15%	-17%	20%
Grèce	+64%	+40%	+33%	10%
Italie	+9%	-5%	-18%	11%
Portugal	+51%	+30%	+30%	(+50%)
Grande-Bretagne	+24%	-1%	-1%	20%

Type A : ne prévoit que les améliorations « naturelles » de l'efficacité technologique

Type B : prévoit les mesures coût-efficacité d'économie d'énergie

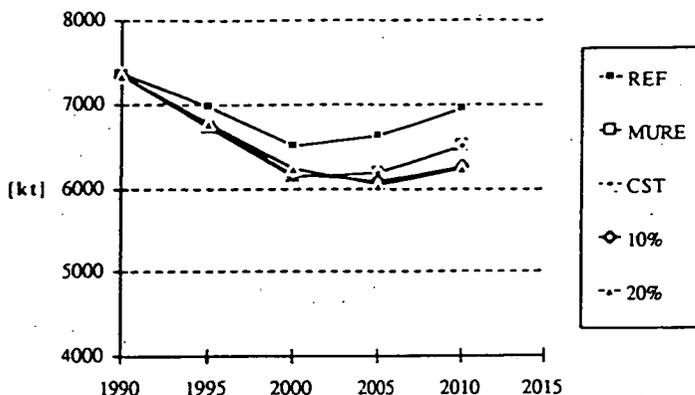
** Emissions de NOx*

Contrairement aux prévisions portant sur les émissions de CO2, et malgré l'accroissement du trafic - essentiellement routier - jusqu'en 2010, dans le scénario «Conventional Wisdom » de la DGXII, les émissions de NOx dues aux transports devraient diminuer de 12 % en l'an 2000 et de 6 % en 2010 au niveau communautaire. Et cela en raison des normes communautaires sur les émissions d'oxydes d'azote, qui exigent l'usage de pots catalytiques sur toutes les voitures de fabrication récente, quelle que soit leur cylindrée. En conséquence, les économies d'énergie offrant un bon rapport coût-efficacité, qui s'ajouteraient à celles résultant des améliorations « naturelles » de l'efficacité technique, prolongeraient une tendance déjà décroissante : la réduction des émissions de NOx devrait donc se situer à 16 % en 2000 et 11% en 2010.

Enfin, l'objectif d'une réduction globale de CO2 égale ou supérieure à 10 % conduirait, après l'an 2000, à une réduction d'environ 15% des émissions de NOx dues aux transports dans la Communauté. Même dans ce cas, il est bon de noter que cette stabilisation est obtenue sans tenir compte d'une autre option importante de réduction des émissions polluantes : le passage à des modes de transport moins polluants.

L'évolution des émissions de NO_x en fonction des contraintes en matière d'émissions de CO₂ est illustrée à la figure 5.3 pour EUR 10.

Fig. 5.3 : Evolution des émissions de NO_x dans les transports en fonction des contraintes de réduction des émissions de CO₂ (EUR 10).



Ces courbes font la synthèse des tendances opposées observées dans les Etats membres : en dépit des normes sur les émissions de NO_x et des mesures d'économie d'énergie, on prévoit que les émissions de NO_x augmenteront au Danemark, en Grèce, au Portugal et en Espagne, alors qu'elles diminueront dans des proportions importantes dans les autres Etats membres. Les augmentations ou diminutions de NO_x dans les transports en 2010 par rapport aux niveaux actuels sont indiqués au Tableau 5.5 pour certains Etats membres.

Tab. 5.5 : Augmentation (+) ou diminution (-) des NO_x dans les transports en 2010 par rapport aux niveaux actuels d'émission pour certains Etats membres.

2010	CO2 scénario sans contraintes type	CO2 scénario sans contraintes type B	CO2 scénario avec contraintes	% de réd.de CO2
Belgique	-3%	-9%	-12%	15%
France	-33%	-39%	-39%	20%
Allemagne	-23%	-28%	-30%	20%
Grèce	+71%	57%	+49%	10%
Italie	-20%	-25%	-31%	11%
Portugal	+24%	+33%	+33%	(+) 50%
Grande-Bretagne	-6%	-17%	-17%	20%

Type A : ne prévoit que les améliorations « naturelles » dans l'efficacité technologique

Type B : prévoit les mesures d'économie d'énergie d'un bon rapport coût-efficacité

Références bibliographiques

1. Cost-effectiveness analysis of CO2 réduction options : Synthesis report, Commission des Communautés européennes, DG.XII, mai 1991
2. Cost-effectiveness analysis of CO2 reduction options : Country reports, Commission des Communautés européennes, D/G.Xii, mai 1991.
3. L'Europe de l'énergie : Objectif 1992 et perspective 2010, numéro spécial d'Energie en Europe, Commission des Communautés européennes, D.G. XVII, juillet 1990.

