

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT
INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

C.C.U.E.
Comité consultatif
utilisation de l'énergie

Paris, le 4 février 1974
N° 9963 – C.A.

RAPPORT DU GROUPE
DE TRAVAIL
« ÉNERGIE – TRANSPORTS »

RAPPORT MARELLE

RAPPORT SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LES

TRANSPORTS

- S O M M A I R E -

CHAPITRE I - Généralités, conclusions et recommandations

- § annexe-I : Consommation du Secteur des transports en 1971
- annexe II: Consommation du Secteur des transports en 1972
- annexe III: Liste des personnes ayant participé aux réunions du groupe de travail sur la consommation d'énergie dans les transports

CHAPITRE II - Constat 1973

- 1) tableau général
- 2) Extrait du tableau général
- 3) Voitures particulières
autobus et autocars autre que R.A.T.P. - Camionnettes et camions
- 4) S. N. C. F.
- 5) Navigation fluviale
- 6) R. A. T. P.
- 7) Aviation civile
- 8) Pipeline d'Hydrocarbures liquides
- 9) Gazoduc
- 10) trafic maritime

CHAPITRE III - Prévision à l'horizon 1985 des consommations énergétiques du secteur transports

- annexe I : Trafic, consommation et consommations spécifiques des différents modes de transport 1985 (Hypothèse moyenne)
- annexe II Répartition par mode de transport des différents carburants consommés sur le territoire français en 1985 (hypothèse moyenne)
- annexe II Répartition des différents carburants par mode de transport en (Bis) 1985 (fourchette extrême)
- annexe III Véhicules particuliers et commerciaux en 1985
- annexe IV Autocars, autobus hors R.A.T.P. - 1985
- annexe V Transport R.A.T.P. 1985
- annexe VI Transport routier (charge utile inférieure à 1 T) 1985
- annexe VII Transport routier (charge utile supérieure à 1 T)
- annexe VIII Prévision de la consommation d'énergie de la S.N.C.F. en 1985
- annexe IX L'Aviation civile
- annexe X La navigation fluviale en 1985
- annexe XI La marine marchande en 1985
- annexe XII Le Véhicule électrique : Perspectives d'avenir et consommation spécifique
- annexe XIII Le véhicule spécifiquement urbain

CHAPITRE IV - La consommation d'énergie dans les transports à la fin du siècle

0

0

0

0

Ministère du Développement
Industriel et Scientifique

Comité Consultatif de l'Utilisation
de l'Energie

Paris, le 21 décembre 1973

D O C 244

RAPPORT SUR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE
DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS

I

GENERALITES, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A. GENERALITES

Dans le cadre de réflexions prospectives sur les problèmes de l'énergie, l'examen de la consommation dans le secteur des transports se doit d'être opéré avec soin.

Malgré le développement des télécommunications, il semble en effet que l'une des caractéristiques intimes de la civilisation actuelle soit le rôle important joué par les déplacements de biens et de personnes, d'un bout à l'autre du pays, d'une extrémité de la terre à l'autre. Ce développement fait appel, de plus en plus exclusivement, à l'utilisation d'énergie non animale, dès que le niveau de vie s'élève.

L'urbanisation croissante des cinq continents ne provoque pas de ce fait, de réduction des trafics consommateurs d'énergie non animale.

Elle entraîne au contraire de gigantesques efforts pour faire face à des déplacements sans cesse plus nombreux et à des transports accrus, à courte, moyenne et longue distance.

La mise au point de procédés ou de techniques fournissant plus de rapidité ou de confort entraîne apparemment aussi une accélération de l'accroissement des transports. On voit apparaître par ailleurs des systèmes de transports hectométriques ou kilométriques entraînant des consommations supplémentaires d'énergie en vue d'économiser la peine des citoyens.

.../...

Le maintien de prix relativement bas pour les produits énergétiques a joué sans doute un certain rôle dans l'expansion des transports durant la décennie 1960-1970. La part de l'énergie ne représentait alors que 10 à 20 pour cent du prix de revient du transport, dans de nombreux secteurs.

On peut par contre se demander si les renchérissements récents, comme les menaces actuelles de difficultés d'approvisionnement, ne constitueront pas s'ils se poursuivent dans les années suivantes, des freins à des développements que les planificateurs et les futurologues croyaient inéluctables, pour certains modes de transports et des accélérateurs à la mise en oeuvre de techniques et de systèmes nouveaux, plus économisés d'énergie.

Dans de telles conditions, il ne pouvait être question de mener à bien dans les délais impartis, c'est à dire pour fin 1973, la tâche confiée par le Comité consultatif de l'Energie au groupe de travail qu'il a constitué au printemps 1973, d'examiner les consommations intérieures françaises d'énergie dans les transports, et leur évolution dans les trente années à venir.

Le rapport final établi a donc cherché à se limiter à :

- 1) présenter des résultats d'enquêtes statistiques récentes, portant sur la consommation spécifique actuelle des différents types de transport,
- 2) indiquer, compte tenu de perspectives élaborées précédemment par les administrations compétentes, quelles pourraient être les consommations en 1985,
- 3) signaler quelques éléments relatifs aux consommations d'énergie dans les transports vers l'an 2000.

Les titres II, III et IV ci-après fournissent les constatations et conclusions des trois sous-groupes chargés respectivement du "constat 1973", de la "prévision à l'horizon 1985" et de la "consommation à la fin du siècle. Un rapide résumé de ces constatations et conclusions est fourni ci-dessous.

Ce faisant, le groupe de travail a plus soulevé de questions qu'il n'en a résolues, dans un domaine jusqu'ici examiné surtout secteur par secteur au plan national et peu étudié au plan international. Il a donc été amené à recommander l'exécution d'études ultérieures.

Si les circonstances actuelles incitent à donner une importance particulière à la régulation à court terme de la consommation d'énergie, il conviendrait en effet de ne pas perdre de vue l'intérêt d'actions à moyen et à long terme en vue de parvenir à une meilleure utilisation de l'énergie dans les transports au service d'une civilisation juste et libre.

On trouvera ci-après, en annexe 3, la liste des personnes ayant participé aux réunions du groupe de travail.

0

0

0

La méthode d'étude choisie a amené à examiner quelles sont et pourraient être les consommations globales d'énergie selon les modes de transports. Des consommations spécifiques d'énergie en résultent, dont l'évolution future a été étudiée. Les sources d'énergie n'étant pas les mêmes pour ces différents moyens de transport, la totalisation des consommations, ainsi que leur comparaison obligent à choisir des coefficients d'équivalence entre elles.

Consommations globales d'énergie dans les transports

Les tableaux des annexes 1 et 2 établis en fonction des données disponibles pour 1971 et 1972, fournissent une estimation des consommations signalées pour les différents moyens de transport. Il en ressort que la consommation totale d'énergie dans les transports, exprimée en tonnes d'équivalent-charbon, a franchi le cap des quarante millions de tonnes. L'utilisation de la tonne d'équivalent-pétrole paraîtrait toutefois préférable, pour des consommations assurées pour 95 % par des produits pétroliers. On peut alors retenir que le cap des trente millions de tonnes d'équivalent-pétrole est proche d'être atteint, ce qui représente en première approximation plus du quart des besoins pétroliers français.

Il convient dès à présent de souligner que la consommation recensée ici est la consommation intérieure, et qu'elle ne couvre donc pas nécessairement l'ensemble des besoins d'énergie dans les transports nécessaires pour l'approvisionnement de la France, ou pour la livraison des exportations françaises au delà des mers. Elle ne couvre pas non plus les besoins des départements et territoires d'outre-mer.

Cette consommation concerne l'ensemble des besoins requis sur le territoire français. C'est donc la consommation des agents français .../...

et étrangers se ravitaillant en France métropolitaine, mais non celle des agents français se ravitaillant en outre-mer ou à l'étranger.

Les chiffres des annexes 1 et 2 contiennent toutefois, non seulement des consommations affectées directement au transport, mais également certaines consommations liées aux infrastructures correspondantes.

Consommations spécifiques d'énergie dans les transports

L'analyse plus fine de la situation présente a été tentée, en cherchant à déterminer, à partir de statistiques ou d'estimations relatives aux transports, la consommation spécifique d'énergie relative à la seule traction pour chaque mode de transport.

Equivalence entre les sources d'énergie

La comparaison entre les consommations spécifiques relevées se heurte néanmoins à la difficulté suivante. Si en effet, dans le passé, on pouvait considérer comme normaux les coefficients d'équivalence entre sources d'énergie adoptés actuellement dans les statistiques de l'énergie, il apparaît difficile de les considérer comme encore valables pour les consommations d'énergie dans les transports.

Ainsi, l'identification de tous les produits pétroliers à une valeur énergétique d'une tonne et demi d'équivalent charbon apparaît comme une simplification exagérée maintenant que ces produits représentent une part importante des consommations. Par exemple, on a tendance à considérer plutôt que l'équivalent énergétique d'un litre d'essence serait 1,3 litre de gas-oil, compte-tenu des rendements respectifs des moteurs les utilisant.

On peut d'autre part douter du bien-fondé du maintien de l'équivalence actuelle retenue entre énergie électrique et charbon ou pétrole (1 TEC = 3 000 Kwh, 1 TEP = 4 500 Kwh), qui est obtenue par l'identification entre un kilowatt-heure et la quantité de combustible fossile nécessaire à cette production sans tenir compte du rendement à l'utilisation. Il semble du moins que, pour les transports ferroviaires, les différents coefficients d'équivalence soient du même ordre.

Au niveau de première approximation où se situent les travaux menés jusqu'ici, il est toutefois possible de conserver provisoirement les équivalents traditionnels, sous réserve de noter parallèlement la nature de

..../....

l'énergie utilisée. Il apparaît en effet, que chaque type de transport étudié est en pratique effectué presque exclusivement grâce à un seul produit énergétique. Dans ces conditions il n'apparaît pas essentiel de chercher une grande précision dans les comparaisons de consommation spécifique entre transports de caractéristiques différentes fournissant aux usagers des facilités de transports non identiques.

0 0

B. Conclusions et recommandations

1) Constat "1973"

Il a déjà été précisé ci-dessus que la consommation intérieure globale actuelle d'énergie dans les transports s'établit à plus de quarante millions de tonnes d'équivalent-charbon, soit à près de trente millions de tonnes d'équivalent-pétrole. Les tableaux des annexes 1 et 2 montrent que cette consommation provient des transports routiers pour les deux tiers des routes des transports maritimes pour près d'un cinquième, des transports ferroviaires pour un quinzième, des transports aériens pour un vingtième.

La détermination des consommations spécifiques actuelles selon le mode de transport fait l'objet du titre II ci-après.

Il convient de souligner que ces consommations spécifiques sont des moyennes recouvrant des situations susceptibles d'être fort différentes, et que, faute de statistiques, certains des éléments des calculs résultent d'estimations. D'autre part, les consommations spécifiques pour les transports aériens et ferroviaires ont été calculées en fonction des unités kilométriques retenues dans ces professions, où le trafic total est obtenu par addition du nombre de voyageurs et des quantités de marchandises transportées en comptant 90 kilogrammes pour un voyageur en transport aérien, et une tonne pour un voyageur en transport ferroviaire.

Sous ^{ces} réserves, et en tenant compte des difficultés signalées plus haut pour la fixation de coefficients précis d'équivalence entre produits énergétiques, on peut retenir les conclusions ci-après, distinguées selon qu'il s'agit des personnes ou des marchandises, en rappelant la source d'énergie utilisée principalement pour le mode de transport en cause.

.../...

Pour les personnes, la consommation spécifique d'énergie par voyageur transporté apparaît la plus faible pour la S.N.C.F. (électricité essentiellement), alors que celle-ci est d'un tiers plus élevée pour le Métropolitain (électricité) et pour les autobus et autocars (gas-oil essentiellement). Elle est d'environ la moitié de la consommation spécifique des véhicules particuliers (essence essentiellement) calculée sur la base de deux occupants par véhicule ; mais une analyse plus fine, isolant le trafic urbain du trafic interurbain, montre des écarts importants. La consommation spécifique ferroviaire est d'autre part cinq fois plus faible que la consommation spécifique des transports aériens (carburéacteurs essentiellement) laquelle varie notablement selon qu'il s'agit de courts-courrier (près d'un tiers de consommation au-dessus de la moyenne), de moyens ou de longs courriers.

Pour les marchandises, la consommation spécifique la plus faible correspond au transport du pétrole brut par canalisation (électricité). Les consommations spécifiques en transports ferroviaires (électricité essentiellement) ou fluvial (fuels domestiques essentiellement) s'établissent au double environ. La consommation spécifique en transport maritime, avec de fortes variations selon le type de marchandises et le tonnage du navire, doit s'établir environ à mi-chemin entre ces deux niveaux, mais les seules indications précises recueillies concernent l'avitaillement en port français et conduisent à une estimation inférieure. Le transport de gaz par canalisation apparaît par contre coûteux en énergie (gaz essentiellement) avec une consommation spécifique environ dix fois plus élevée que le transport de pétrole brut par canalisation ; cette consommation des gazoducs rapportée à la tonne de gaz se situe à un niveau analogue à la consommation spécifique en transport de marchandises par camion (gas oil essentiellement). Quant au transport aérien, sa consommation spécifique (carburéacteur essentiellement) apparaît être de l'ordre de grandeur de dix fois plus élevée que la consommation des camions.

0

0 0

2) Prévisions à l'horizon 1985

Comme il a été indiqué plus haut, le titre III ci-après précise en fonction des perspectives élaborées avant ces derniers mois par les administrations compétentes, quelles pourraient être les consommations globales et les consommations spécifiques dans les transports en 1985.

.../...

Sur ces bases, la consommation globale d'énergie dans les transports pourrait plus que doubler d'ici 1985, et s'établir en "hypothèse moyenne" à plus de 90 millions de tonnes d'équivalent-charbon, soit plus de 60 millions de tonnes d'équivalent-pétrole. La part du transport routier demeurerait d'environ les deux tiers, mais deux transformations importantes apparaîtraient : un doublement de la part des transports aériens, qui pourrait dépasser le dixième du total, à la suite d'une croissance soutenue (plus de 10 % par an) du trafic, et par contre un affaiblissement presque symétrique de la part des transports ferroviaires et fluviaux, qui ne représenterait plus en tout que le vingtième de la consommation globale.

Les consommations spécifiques d'énergie calculées à partir de ces prévisions en fonction de l'évolution probable de la technique et des conditions de transport seraient en augmentation pour les transports routiers (à l'exception des camions et des autobus), en diminution pour les transports par canalisation, la marine marchande et les autobus, stables pour les autres moyens de transport. Cependant ces évolutions divergentes ne seront pas assez importantes pour modifier le classement des types de transport selon leurs consommation spécifique, tel qu'il résulte de l'analyse du constat 1973.

Il convient de rappeler que les réflexions inspirées par les événements récents inciteraient à reprendre ces prévisions. Une telle démarche n'était pas compatible avec le délai imparti au groupe de travail.

D'autre part, il n'a pas été tenu compte dans ces prévisions de la place que pourraient avoir en 1985 des moyens de transports nouveaux, soit guidés (aérotrain) soit non guidés.

0
0 0

3) Consommation à la fin du siècle

Le titre IV ci-après ne fournit ni d'estimation chiffrée de la consommation globale d'énergie dans les transports vers l'an 2000, ni d'indications sur l'évolution des consommations spécifiques d'ici là.

Cette absence d'estimations traduit l'incertitude dans laquelle, dès avant la crise récente de l'énergie, l'on se trouvait pour préciser l'évolution des quantités et modes de transport, ainsi que des consommations spécifiques d'énergie. L'ampleur des besoins éventuels est néanmoins soulignée par l'indication que la poursuite de la croissance des transports aériens .../...

- 8 -

pourrait donner lieu, en fin de siècle, à une consommation annuelle de l'ordre de 40 millions de tonnes de produits pétroliers, c'est à dire bien supérieure à la consommation annuelle totale actuelle d'énergie dans les transports (où la part du transport aérien n'est que d'un vingtième).

Si l'on supposait, ce qui paraît extrêmement douteux, que l'accroissement des besoins de l'ensemble des autres moyens de transports au delà des besoins actuels serait pratiquement assurées par d'autres sources que le pétrole, en particulier par l'énergie atomique, il n'en faudrait pas moins affecter dans ce cas de l'ordre de 70 millions de tonnes d'hydrocarbures aux seuls transports, et disposer en outre pour eux d'au moins une trentaine de millions de tonnes d'équivalent-pétrole en provenance d'autres sources.

On peut par contre envisager des tendances plus modestes, en particulier du fait d'une augmentation du coût relatif de l'énergie et de difficultés d'approvisionnement amenant par exemple à une meilleure combinaison des moyens pour assurer les mêmes transports, et à une adaptation des techniques et des sources d'énergie utilisées. Des réductions de besoins, de l'ordre d'un ou deux dixièmes, par exemple, s'en plus, pourraient peut-être alors en résulter. L'intervention de nouvelles sources d'énergie compétitives en fin de siècle (hydrogène par exemple) pourrait également modifier la répartition et la tendance des consommations, mais cette évolution est difficile à envisager de manière précise.

0
0 0

4) Etudes ultérieures

En demeurant fidèle à l'objectif qui lui avait été fixé, de procéder avant ^{fin} 1973 à un constat de la situation actuelle et d'axer ses travaux sur le long terme et le très long terme, le groupe de travail s'est appuyé sur les données et études existantes.

Il n'a donc pas eu à conclure à propos des répercussions de la crise actuelle de l'énergie. Les études menées en vue de la limitation des consommations d'énergie se sont déroulées et se poursuivront par d'autres voies.

Les préoccupations de prix et de disponibilités de produits pétroliers rendues plus évidentes par cette crise incitent d'autre part à proposer que des études soient ultérieurement menées, par des voies appropriées, en vue de permettre une révision des perspectives esquissées pour 1985, et

éventuellement de mieux préciser des orientations possibles pour la fin du siècle. De telles études peuvent en effet aider à orienter et appuyer, aussi bien les recherches techniques nécessaires que les projets d'aménagement urbain et industriel dont la réalisation déterminera pour de longues années la structure même des transports.

Sans chercher à donner une liste exhaustive de ces études, il apparaît au moins qu'il conviendrait d'examiner en particulier :

- quelle pourrait être l'évolution dans l'avenir du transport de marchandises à longue distance, en particulier en fonction de l'établissement de réseaux européens de transport.

- comment les transports urbains pourraient évoluer en fonction de la disponibilité et du prix des produits énergétiques,

- quelle pourrait être l'élasticité des transports selon les variations de prix des produits énergétiques.

Les données rassemblées dans les titres II, III et IV ci-après fourniront à ces études une documentation de base importante, aussi bien par les constatations précises qu'elles rassemblent, que par les indications qu'elles donnent sur les limites et les imperfections des renseignements disponibles.

ANNEXE 1

CONSOUMATIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS EN 1972

Source d'énergie (unité)	TYPE DE TRANSPORT						Total	Equivalence du total - en 1000 Tec - en %
	Route	Fleuve	Mer	Fer	Air			
Essence (1000 t)	13020	-	4	-	50	13074	19 611 (49,8 %)	
Carburéacteurs (1000 t)	-	-	3	5	1502	1510	2 265 (5,7 %)	
Gas-oil, Fuels fluides (1000 t)	4865	250	966	436	-	6517	9 775 (24,8)	
Fuels lourds (1000t)	-	-	3590	118	-	3708	5 562 (14,1 %)	
Total Produits Pétroliers (1000t)	17885	250	4563	559	1552	24809	37 213 (94,4 %)	
Electricité (Gwh)	-	-	118	5842	-	5960	1 987 (5 %)	
C.M.S. (1000 t)	-	-	-	185	-	185	185 (0,5 %)	
Gaz (Técal.)	180	-	-	-	-	180	27 (0,1 %)	
Equivalence du Total								
- en 1000 tec	26855	375	6884	2970	2328		39 412	
- en %	(68,1%)	(1 %)	(17,5%)	(7,5%)	(5,9%)		(100 %)	

Note : Coefficients d'équivalence utilisés : Combustibles minéraux solides (C.M.S.) 1000 t = 1000 TEC ;
 Produits pétroliers : 1000 t = 1,5 x 1000 TEC ; électricité : 1 Gwh = 1/3 x 1000 TEC ;
 gaz : 1 téralcalorie (ou 10 Thermies PCS) = 0,15 x 1000 TEC.
 Source : Bureau statistique de l'énergie

A N N E X E 2

CONSOMMATIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS EN 1972

Source d'énergie (unité)	TYPE DE TRANSPORT						Total	Equivalence du total - en 1000 Tec - en %
	Route	Fluve	Mer	Per	Air			
Essence (1000 t)	14200	-	-	-	-	45	14245	21 367 (49,4 %)
Carburéacteurs (1000 t)	-	-	-	-	-	1709	1709	2 564 (5,9 %)
Cas-oil Fluides (1000 T)	5400	270	1150	485	-	-	7305	10 958 (25,3 %)
Fluides lourds (1000 t)	-	-	4134	20	-	-	4154	6 231 (14,4 %)
Total Produits Pé- troliers (1000 t)	19600	270	5284	505	1754	-	27413	41120 (95 %)
Electricité (Gwh)	-	-	120	6027	-	-	6147	2 049 (4,6 %)
G. M.S. (1000 t)	-	-	-	110	-	-	110	110 (0,3 %)
Gaz (teracal.)	160	-	-	-	-	-	160	
Equivalence du to- tal								
- en 1000 tec	29424	405	7966	2876	2631			43 303
- en %	(68 %)	(0,9 %)	(18,4 %)	(6,6 %)	(6,1 %)			(100 %)

Note : Coefficients d'équivalence utilisés : Combustibles Minéraux Solides

(C.M.S.) 1000 t = 1000 TEC ;

Produits pétroliers : 1000 t = 1,5 x 1000 TEC ; électricité : 1 Gwh =
1/3 x 1000 TEC ;

Gaz : 1 téra-calorie (ou 10⁶ Thermies PCS) = 0,15 x 1000 TEC

Source : Bureau statistique de l'énergie

ANNEXE 3

Liste des personnes ayant participé aux réunions du groupe de travail sur la consommation d'énergie dans les transports

- M. ANTHONIOZ Chambre syndicale des constructeurs d'automobiles
- M. ANTOINE Union des Chambres Syndicales de l'Industrie du Pétrole
- M. BENCIT Direction des transports terrestres
- M. BES Secrétariat général à l'aviation civile
- M. BROSSIER Direction des ports maritimes et des voies navigables
- M. BROUSSARD Institut de recherches des transports
- M. CASANDJIAN Direction de la prévention des pollutions et nuisances
- M. CHALEAT Secrétariat général de la Marine Marchande
- M. CHARPENTIER Secrétariat général de l'énergie
- M. CHAUCHOY Ingénieur Général des Ponts et chaussées ; Vice-Président
- M. CHAVANT Direction de la prévention des pollutions et nuisances
- M. DEJUNE Secrétariat général de l'énergie
- M. COUILLON Délégation ministérielle à l'armement
- M. DETOURNE Gaz de France
- M. FORT Direction des carburants : responsable du sous-groupe "1985"
- M. GIOVACCHINI Institut de recherche des transports
- M. GOUBET Direction du gaz, de l'électricité et du charbon ; responsable du sous-groupe "2000"
- M. GREIF Direction de la construction mécanique et électrique, et de l'électronique
- M. GUERIN Secrétariat général à la marine marchande
- M. HEBERT Service Central de la statistique et des informations industrielles ; responsable du sous-groupe "1973"
- M. HEURIJN Electricité de France (direction des études et recherches)
- Melle JACQUOT Commissariat général du plan d'équipement et de la productivité
- M. KUHN Direction centrale des essences des armées
- M. L'HERIAIER Secrétariat général à l'aviation civile
- M. MARELLE Ingénieur général des mines ; président
- M. PALVADEAU Direction de la construction mécanique et électrique, et de l'électronique ; rapporteur général

.../...

M. PARMENTIER Mission de l'environnement rural et urbain
M. PEDRON Air France
M. PERRET Direction des carburants
M. PERTHUIS Union des chambres syndicales de l'industrie du pétrole
M. PHELINE Secrétariat général de l'énergie
M. PIETRI Elf-ERAP
M. PINATEL Elf-ERAP
M. QUILICI Direction de la construction mécanique et électrique, et
de l'électronique
M. ROBINET Service Central de la statistique et des informations in-
dustrielles
Mme. DSSIGNOL Comité consultatif de l'utilisation de l'énergie
M. SATRE Union des chambres syndicales de l'industrie du pétrole
M. SAUVY Chambre syndicale des constructeurs d'automobiles
M. VASLIN Secrétariat général de la marine marchande
Mme. VOURCH Direction des routes et de la circulation routière
M. WEISS Direction des transports terrestres

CHAPITRE II - C O N S T A T 1973

But Recherché

Le Groupe de Travail "ENERGIE-TRANSPORT" avait reçu comme première mission d'analyser la consommation d'énergie dans les transports en 1973 en recherchant pour chaque type de transport les consommations spécifiques en quantité d'énergie par unité spécifique kilomètre. Ce sont les résultats de cette étude qui font l'objet de ce second chapitre : "CONSTAT 73".

Présentation des Résultats

Les résultats rassemblés dans le tableau récapitulatif indiquent pour une année donnée les consommations spécifiques ramenées à une forme d'énergie principale dans les différents modes de transport, sauf la navigation maritime.

On s'est efforcé d'effectuer l'analyse sur le trafic réel et le trafic offert.

Les années d'observation ne sont malheureusement pas absolument homogènes et varient de 1970 à 1972.

Les Unités Spécifiques

L'Unité spécifique retenue varie suivant les modes de transport, dans certains cas seules des personnes et des marchandises sont transportées, c'est alors le passager kilomètre ou la tonne kilomètre qui a été retenue. Lorsque les transports sont mixtes, il a fallu établir des équivalences et considérer le poids de marchandises qui demande la même quantité d'énergie qu'une personne pour un transport unitaire. Enfin, dans certains cas, seul le trajet du véhicule a de l'importance quel que soit son chargement, c'est alors le véhicule kilomètre qui a été pris en compte.

Les unités spécifiques qui ont été choisies sont les suivantes :

- le passager km (assis) pour les voitures particulières et les autobus et autocars
- le passager km (assis ou debout) pour la R. A. T. P. réseau routier et ferré
- le véhicule km pour la camionnette de charge utile inférieure à une tonne
- la tonne km pour les camions de charge utile supérieure à une tonne, les voies navigables et les pipelines
- l'"unité" km, égale à une tonne km ou à un passager km, pour la S. N. C. F.
- la tonne km, pour l'aviation, le passager avec ses bagages étant pris avec une équivalence de 90 kg
- la thermie PCI km pour le gaz

Les Formes d'Energie

Pour chaque mode de transport, une forme d'énergie "directrice" a été retenue, c'est à dire que malgré les délicats problèmes posés par les équivalences entre les différentes formes d'énergie, la plus importante d'entre elles a été privilégiée dans chaque cas. C'est ainsi que pour les voitures particulières et les camionnettes, le gaz oil a été converti en essence et pour les autobus et camions l'essence a été convertie en gaz oil, ces deux transformations étant effectuées à partir de l'équivalence à l'utilisation.

Pour la S.N.C.F., la consommation de fuel a été convertie en kwh d'après les coefficients d'équivalence du 6ème plan.

Problèmes Généraux

Trois difficultés d'ordre général ont surgi au cours de cette étude :

Les Coefficients d'Equivalence

Le problème des coefficients d'équivalence entre les différentes formes d'énergie s'est avéré particulièrement délicat. Au niveau de chaque mode de transport, il a fallu le résoudre pour pouvoir progresser puisque l'on connaissait en général les quantités d'énergie dépensées (dans le cas de la S.N.C.F. par exemple, tonnes de fuel en kwh) et le trafic (dans le cas de la S.N.C.F., toujours, tonnes km et voyageur km), mais pas la répartition du trafic par forme d'énergie.

Par contre, il n'a pas semblé possible de poursuivre ces assimilations jusqu'au bout et d'utiliser les coefficients d'équivalence couramment admis pour déterminer des consommations en équivalent charbon à la tonne kilomètre ou au passager kilomètre. Seuls les coefficients d'équivalence à l'utilisation auraient pu permettre d'arriver à ce résultat mais ceci ne pourra que s'inscrire dans le cadre d'une étude ultérieure plus vaste sur les équivalences.

Par ailleurs, les équivalences entre passager et tonne km qui ont été fournies par la S.N.C.F. et le Secrétariat Général à l'Aviation Civile, si elles se sont avérées très utiles pour établir des consommations spécifiques à l'unité kilomètre et permettre de faire des prévisions, risquent si elles ne sont pas parfaites de biaiser les comparaisons entre quantités consommées dans les différents modes de transport.

Il faudrait donc se garder d'établir à partir du tableau récapitulatif des comparaisons de consommation au kilomètre, d'autant plus que le service rendu n'est pas le même d'un mode de transport à l'autre.

Le Trafic International

Le trafic français à l'Etranger et étranger en France a posé quelques problèmes. Les solutions adoptées pour les résoudre ont été les suivantes :

- Transport Terrestre : on connaissait seulement la consommation de combustibles en France des voitures particulières et des camions, quelle que soit leur nationalité, et le trafic des véhicules français en France et à l'Etranger. Les entrées de véhicules étrangers s'équilibrent grosso modo avec les sorties de véhicules (en nombre de véhicules pour les automobiles et en tonnage transporté pour les camions), on n'a introduit aucune correction.
- Aviation : dans les tableaux on ne reprend que les trafics et les consommations des compagnies françaises sur toute la surface du globe. Le principe de réciprocité voulant qu'actuellement dans la plupart des cas lorsqu'une compagnie française effectue un vol vers un pays étranger, ce pays effectue le même vol avec la même fréquence en direction de la France, on peut penser que la consommation en France des compagnies étrangères s'équilibrera à moyen terme avec la consommation à l'étranger des compagnies françaises. Cependant, en 1970 la consommation des compagnies françaises a été de 12 % supérieure à la consommation sur le Territoire français.
- Marine Marchande : c'est là que le problème est le plus aigu. Il n'a été possible de fournir que le trafic total (entrées et sorties en tonnes), le trafic pétrolier et l'avitaillement en France. Ceci explique que les transports maritimes n'aient pas pu figurer dans le tableau d'ensemble.

Consommation d'Énergie Indirectement Liée aux Transports

Les statistiques présentées ordinairement regroupent avec les consommations réelles des transports celles de leur environnement : consommation des ports avec la navigation maritime, chauffage des gares, des aéroports, essais des moteurs d'avions après révision, etc. . .

On aurait pu incorporer ces consommations et même aller plus loin, prendre en compte les consommations d'énergie nécessaires à la construction des infrastructures (routes, ports, aéroports, etc...) et à leur maintenance (comme le dragage).

Il est pour préférable de se limiter à la consommation d'énergie strictement utilisée pour le transport, ce qui fait que ces chiffres mentionnés sont généralement plus faibles que ceux que l'on peut rencontrer ailleurs.

Difficultés Particulières

Les difficultés particulières à chaque cas, ainsi que celles mentionnées ci-dessus, sont analysées pour chaque mode de transport, dans les annexes correspondantes. Il faut cependant attirer l'attention sur les chiffres relatifs aux autobus et autocars autres que R. A. T. P. ainsi qu'aux camionnettes où l'absence de données a amené la Direction des Transports Terrestres à faire des approximations, et ceux relatifs à l'aviation de 3ème niveau et l'aviation générale où le Secrétariat Général à l'Aviation Civile a été amené lui aussi à faire des approximations.

Les données concernant les pipelines ne sont pas absolument exhaustives et ne reprennent pas notamment le trafic OTAN.

Conclusions

Compte tenu de toutes les réserves émises ci-dessus, il faut être conscient des imperfections des chiffres contenus dans le tableau récapitulatif.

Ils permettent cependant d'établir des prévisions à court et moyen terme et d'étudier les conséquences énergétiques de transfert entre les différents modes de transport.

Il n'a pas été possible bien sûr de déterminer de la même manière les consommations spécifiques des modes de transport expérimentaux ou futurs ; ceux-ci ne peuvent être repris qu'au niveau des prévisions.

Mode de Transport	Voiture Particulière	Autobus Autocar	R.A.T.P. Routier	Camionnette CV < 1T	Camion CV > 1T	S.N.C.F.	R.A.T.P. Réseau Ferré
Type de Combustible	essence	gas oil	gas oil	essence	gas oil	électricité	électricité
Année	1971	1971	1972	1971	1971	1972	1972
Trafic voyageur km (1)	322x10 ⁹		2,0x10 ⁹			43x10 ⁹	6,87x10 ⁹
Trafic voyageur offert véhicule VKO (2)	161x10 ⁹	1,19x10 ⁹	0,12x10 ⁹	18x10 ⁹		1,56x10 ⁹	0,20x10 ⁹
Trafic voyageur offert siège SK(3)	644x10 ⁹	45x10 ⁹	(1) 7,9x10 ⁹			105,8x10 ⁹	(1) 33,2x10 ⁹
Coefficient de remplissage véhicule (1)/(2)	2		17			28	34
Coefficient de remplissage siège (1)/(3)	0,5		(1) 0,26			0,41	(1) 0,21
Trafic Marchandise TK(4)					68,2x10 ⁹ TK	67x10 ⁹ TK	
Trafic Marchandises offert TKO (5)					127x10 ⁹ TKO	106x10 ⁹ TKO	
Coefficient de Remplissage (4)/(5)					0,54	0,63	
Trafic global (1)+(4) = (6)	322x10 ⁹ voykm		2,1x10 ⁹ voykm	(2) 18x10 ⁹ véhkm	68,2x10 ⁹ TK	(3) 110x10 ⁹ UK	6,87x10 ⁹ voykm
Trafic global offert (3)+(5) = (7)	644x10 ⁹ voykm	45x10 ⁹ voykm	7,9x10 ⁹ voykm		127x10 ⁹ TKO	(3) 211,8x10 ⁹ UK	32,2x10 ⁹ voykm
Consommation Totale (8)	10,59 MT	0,355 MT	0,0382 MT	1,64 MT	5,07 MT	6,76x10 ⁹ kWh	0,56x10 ⁹ kWh
Consommation Spécifique (8)/(6)	0,033kg/voykm		0,018kg/voykm		0,074kg/TK	(3) 0,0615kWh/UK	(1) 0,082kWh/voykm
Consommation Spécifique (8)/(7)	0,0168kg/voykm	0,0079kg/voykm	(1) 0,0048 kg/voykm		0,04kg/TKO	(3) 0,032 kWh/UKO	(1) 0,017 kWh/VKO
Consommation Spécifique (8) Véhicule km	0,067kg/véhkm	0,30 kg/véhkm	0,32 kg/véhkm	0,091 kg/véhkm			

(1) Pour la R.A.T.P. il s'agit de places offertes : assises et debout

(2) Pour les véhicules de CV < 1T la charge transportée n'intervient pas. La seule donnée appréhendable est le nombre de km parcourus.

Navigation Fluviale		Air France	U.T.A.	Air Inter	3ème Niveau	Aviation Générale	Total Aviation
fuel domestique		Kérosène	kérosène	kérosène	essence à 90%kérosène	essence avion	kérosène
1972		1970	1970	1970	1970	1970	1970
		$10,7 \times 10^9$	$1,98 \times 10^9$	$1,30 \times 10^9$	$0,26 \times 10^9$		$14,2 \times 10^9$
		$19,8 \times 10^9$	$3,6 \times 10^9$	$2,0 \times 10^9$	$0,402 \times 10^9$		$25,8 \times 10^9$
		0,54	0,54	0,64	0,64		0,55
$14,15 \times 10^9$ TK		$0,41 \times 10^9$ TK	$0,13 \times 10^9$ TK	$0,004 \times 10^9$ TK			$0,55 \times 10^9$ TK
25×10^9 TKO							
0,57							
$14,15 \times 10^9$ TK		(4) $1,37 \times 10^9$ TK	(4) $0,31 \times 10^9$ TK	(4) $0,12 \times 10^9$ TK	(4) $0,022 \times 10^9$ TK		(4) $1,81 \times 10^9$ TK
25×10^9 TKO		(4) $2,55 \times 10^9$ TKO	(4) $0,55 \times 10^9$ TKO	(4) $0,18 \times 10^9$ TKO	(4) $0,037 \times 10^9$ TKO		(4) $3,32 \times 10^9$ TKO
0,225 MT		1,31 MT	0,25 MT	0,13 MT	0,026 MT	0,023 MT	1,74 MT
0,316kg/TK		(4) 0,96kg/TK	(4) 0,78kg/TK	(4) 1,2kg/TK	(4) 1,2kg/TK		(4) 0,96kg/TK
0,009kg/TKO		(4) 0,51kg/TKO	(4) 0,45kg/TKO	(4) 0,7kg/TKO	(4) 0,7kg/TKO		(4) 0,52kg/TKO

(3) L'unité km de la S.N.C.F. est égale à 1 voyageur km ou à 1T km.

(4) Un passager plus ses baggages est pris avec une équivalence de 90 kg.

	Pipeline Transport Brut	Pipeline Produits Finis	Pipeline Total		Gazoducs		Navires
	électricité	électricité	électricité		gaz		fuel
	1972	1972	1972		1972		1971
					(5)		
	30×10^9 TK	5×10^9 TK	35×10^9 TK		$2,78 \times 10^9$ TK		1.650×10^9 TK
	60×10^9 TKO	10×10^9 TKO	70×10^9 TKO				
	0,5	0,5	0,5				
					(6)		
	30×10^9 TK	5×10^9 TK	35×10^9 TK		$29,1 \times 10^9$ thPCIkm		
	60×10^9 TKO	10×10^9 TKO	70×10^9 TKO				
	$0,90 \times 10^9$ kWh	$0,23 \times 10^9$ kWh	$1,13 \times 10^9$ kWh		(6) $2,16 \times 10^9$ thPCI		
	0,030 kWh/TK	0,046 kWh/TK	0,032 kWh/TK		(6) $0,074 \times 10^{-3}$ thPCI/thPCIkm		
	0,015 kWh/TKO	0,023 kWh/TKO	0,016 kWh/TKO				

(5) Moyenne pondérée à partir du pouvoir calorifique

(6) Le gaz est évalué en thermies PCI.

(Extrait du tableau général)

1) Transport urbain des personnes

Type de Transport.	Nombre de Passager km	Energie Consommée Totale	Energie Consommée par passager km	Coefficient de remplissage
R.A.T.P. (rail)	$6,87 \times 10^9$	$0,56 \times 10^9$ kWh	0,082 kWh/voykm	0,21 (1)
R.A.T.P. (route)	$2,0 \times 10^9$	0,0382 MT	0,018 kg/voykm	0,26 (1)
Automobile (ville ≥ 5000 hab)	53×10^9	4,0 MT	0,076 kg/voykm	0,27

(1) par rapport au nombre de places assises et debout.

2) Transport interurbain des personnes

Type de Transport.	Nombre de Passager km	Energie Consommée Totale	Energie Consommée par passager km	Coefficient de remplissage
S.N.C.F.	43×10^9	$2,64 \times 10^9$ kWh	0,0615 kWh/voykm	0,41
Automobile (hors ville ≥ 5000 hab)	269×10^9	6,6 MT	0,025 kg/voykm	0,60
Air	14×10^9	1,21 MT	0,085 kg/voykm	0,55

3) Transport des Marchandises

Type de Transport	Nombre de tonne km	Energie Consommée Totale	Energie Consommée par tonne km	Coefficient de remplissage
Pipe	35×10^9	$1,13 \times 10^9$ kWh	0,032 kWh/TK	0,5
S.N.C.F.	67×10^9	$4,12 \times 10^9$ kWh	0,0615 kWh/TK	0,63
Navigation Fluviale	$14,1 \times 10^9$	0,225 MT	0,016 kg/TK	0,57
Camion (≥ 1 T.)	$68,2 \times 10^9$	5,07 MT	0,074 kg/TK	0,54
Air	$0,55 \times 10^9$	0,53 MT	0,960 kg/TK	-

VOITURES PARTICULIÈRES, AUTOBUS et AUTOCARS (autres que RATP)

CAMIONNETTES ET CAMIONS

Les renseignements suivants ont été communiqués par la Direction des Transports Terrestres du
Introduction Ministère des Transports.

La dernière année connue pour le trafic marchandises routier étant 1971, nous avons traité tout le trafic routier (voitures, camionnettes, camions et autocars) à l'année 1971.

Il n'a pas été possible de traiter l'ensemble du transport routier dans un seul tableau comme cela avait été demandé par le Groupe de Travail "Energie-Transport". En effet, on peut estimer le nombre des voyageurs en voitures particulières, on connaît le trafic marchandises des véhicules utilitaires de plus de une tonne de charge utile, mais on se heurte à deux obstacles pour obtenir, in fine, un ensemble d'unités kilométriques (voyageurs + marchandises):

- 1) il n'apparaît pas possible pour la route, d'établir un coefficient d'équivalence (comme c'est le cas à la SNCF) entre un voyageur-km et une tonne-kilomètre,
- 2) en l'absence de données concernant les camionnettes de moins de une tonne de charge utile il n'a été possible, ni de spécifier, ni de quantifier le trafic de cette catégorie d'utilitaires.

C'est pourquoi nous avons traité chaque catégorie de véhicules routiers séparément en rassemblant dans chaque cas le maximum de renseignements.

1) - Les voitures Particulières et Commerciales

La confrontation de données ou d'estimations issues de différentes sources (1) nous permet de proposer l'approche suivante :

1-1 Le Parc

Le parc estimé en service résulte d'une moyenne entre les chiffres au 1er janvier 1971 et 1972 cités par le D.S.T., la C.S.C.A. et l'Argus.

Le chiffre adopté pour la moyenne 1971 est : 12,8 millions de voitures particulières et commerciales

1-2 La Puissance Moyenne

La puissance moyenne observée en 1971, en comparant les différentes ventilations du part publiées par les différents organismes, était de 6,5 CV. Il faut toutefois signaler une tendance à l'augmentation qui ferait passer la moyenne à près de 7 CV en début 1973

1-3 La Consommation

D'après les estimations du CPDP la consommation totale en 1971 des voitures particulières commerciales et taxis a été de 14 110 milliers de mètres cubes de carburant (essence, super et gas oil traduit en équivalent essence) soit une consommation unitaire de 1100 litres par voiture et par an.

1-4 Parcours Annuels

Le recensement de 1970 (autoroutes + RN + CD + CC estimés) donnait le chiffre de 105 milliards de Véhicules/km pour les voitures particulières et commerciales, soit une moyenne de 8 600 km en rase campagne par véhicule et par an.

Si on admet (ancienne étude SERC) que le rapport entre milieu urbain et rase campagne est de 30 et 70 % cela donnerait un parcours annuel de 12 300 km en 1970.

Par une autre approche, si l'on part, pour 1971, de la consommation annuelle moyenne de 1100 litres par voiture on peut écrire l'équation suivante, en supposant toujours une répartition 30 % ville et 70 % rase campagne et une consommation urbaine supérieure de 40 % à la consommation en rase campagne.

$$(L \times 0,7 \times C) + (L \times 0,3 \times C \times 1,4) = 1100$$

où L est le parcours total annuel.

C la consommation en rase campagne.

Si on part de la voiture moyenne théorique de 6,5 CV pour 1971, on peut estimer que C = 8 l aux 100 km. Dans ces conditions on obtient pour 1971 :

$$L = 12.276 \text{ km.}$$

Compte tenu des différentes approximations on adoptera 12 300 km pour le parcours annuel moyen de 1971.

1-5 Coefficient moyen d'occupation et Trafic voyageur

La Commission des Comptes des Transports de la Nation avait adopté un coefficient d'occupation de 1,9 entre 1960 et 1967 et 2 depuis 1968.

Pour 1971 on aurait donc :

- Parc : 12 800 000 V.P.
- Parcours annuel : 12 300 km
- Coefficient d'occupation : 2
- Nombre de voyageurs km : 315 milliards

1-6 Récapitulation

Type de combustibles : essence, année 1971

(1) Trafic voyageurs : 315 MM V-km

Trafic voyageur offert :

- (2) a) en véhicules-km : 157,44 MM Véh/km ✕
- (3) b) en sièges-km offert : 630 MM Siège/km
(4 places par véhicule)

Coefficients de remplissage

- a) véhicules (1)/(2) 2
- b) sièges (1)/(3) 0,5

Consommation totale

(8) 10^3 Tonnes 10441 10^3 Tonnes
(9) 10^3 TEC 15662 10^3 TEC

Consommation Spécifique

(8) / (1) en kg	0,033
(9) / (1) en kg EC	0,050
(8) / (3) en kg	0,017
(9) / (3) en kg EC	0,033

2) Les Camionnettes de Charge Utile Inférieure à 1 Tonne

2-1 Le Parc

Les écarts sont très importants entre les différentes estimations publiées par les organismes intéressés. Une confrontation des données nous a conduit à adopter le chiffre de 1 million de véhicules pour 1971.

2-2 La puissance Moyenne

L'étude de la répartition des puissances par catégorie conduit à adopter le chiffre de 7 CV. comme puissance moyenne du parc considéré.

2-3 Consommation Moyenne

On peut dire que l'essentiel de l'activité des camionnettes est représentée par des parcours en milieu urbain. Si on admet qu'en moyenne un moteur de 7 CV. consomme 8,5 l aux 100 Km cela ferait en parcours urbain 12 l aux 100 Km (8,5lx1,4)

2-4 Parcours Annuel

A partir de certaines estimations concernant les consommations de carburant par catégories de véhicules on arrive au chiffre de 2 200 milliers de mètres cube d'essence et gas oil équivalent pour les camionnettes de moins de 1 tonne de C.U. ce qui donnerait un kilométrage moyen annuel de l'ordre de 18000 km par véhicule.

2-5 Le Trafic

Il est absolument impossible d'estimer le trafic de cette catégorie d'utilitaires, aucune statistique n'étant établie dans ce secteur.

Tout au plus peut-on dire qu'avec une charge utile moyenne de 0,5 tonne, le trafic offert serait de 9 milliards de tonnes-kilomètre offertes.

3) Les Transports Routiers de Marchandises

Remarque Préliminaire

Les renseignements statistiques les plus nombreux viennent du Département des Statistiques de Transports (M.A. T. E. L. T. et Ministère des Transports). Ils concernent le parc, la capacité, les parcours annuels, les tonnes et tonnes kilomètre transportées. Les éléments concernant les consommations proviennent du Comité Professionnel du Pétrole (C. P. D. P.).

3-1 Le Parc

Le parc estimé en service en 1971 pour les transports routiers de marchandises était de 1055×10^3 camions, remorques et semi-remorques de plus de 1 tonne de charge utile. Ce chiffre recoupe celui de la Chambre Syndicale des Constructeurs Automobiles soit 882×10^3 véhicules dont 476×10^3 véhicules -Diesel (moyenne entre les 1ers janvier 1971 et 1972) à l'exclusion de remorques et semi-remorques.

La différence entre les deux chiffres cités donnerait 173×10^3 remorques et semi-remorques de plus de 1 tonne de charge utile ce qui semble raisonnable compte tenu de l'estimation du D.S.T. : 305×10^3 remorques et semi-remorques, mais y compris les moins de 1 tonne de charge utile.

3-2 La Consommation Annuelle

Au delà de 7 T de P. T. C. A. les camions et tracteurs routiers sont partiquement tous équipés d'un moteur diesel. Il reste néanmoins une partie non négligeable de véhicule à essence, à savoir 406.800 véhicules environ.

La consommation d'essence des camions camionnettes et autocars est estimée à 3560×10^3 m³ par le C. P. D. P., dont 2060×10^3 m³ pour les véhicules de moins de 1 tonne de charge utile (moteurs à essence). Sur une base de 30.000 km par an et 20 litres aux 100 km on peut estimer à 30×10^3 m³ la consommation des quelques 5000 autocars à essence (tous de petite taille).

Il resterait donc $1500 \times 10^3 \text{ m}^3$ d'essence pour les utilitaires de plus de 1 tonne de charge utile.

A ceci s'ajoutent les $5100 \times 10^3 \text{ m}^3$ de gas oil consommés par le par Diesel.

Au total et compte tenu du coefficient d'équivalence essence-diesel (1) on arrive à un volume de $6200 \times 10^3 \text{ m}^3$ de gas oil ou équivalent, ou, exprimé en tonnes ($d = 0,827$) 5130×10^3 tonnes.

4) Les Autocars et Autobus (sauf la R. A. T. P.)

La dernière enquête de structure, relative aux entreprises de transport routier, donne pour l'année 1969 les résultats suivants :

	Nombre d'Autocars	Places Assises		Kilométrage (en milliers)	
		Total (en milliers)	Moyenne par véhicule	Total	Moyenne par véhicule
Entreprise de transport urbain (2)	9.841	312,5	32	346.146	35
Entreprise de transport de voyageurs	14.875	596,9	40	455.940	31
Entreprise de transport de voyageurs et de marchandises	4.839	203,5	42	172.019	36
Autres entreprises (3)	1.230	40,5	33	23.370	19
T O T A L	30.785	1.153,4	38	997.475	32

Entreprise de Transport de Voyageurs - Evolution 1963-1969			
	1965	1967	1969
Nombre d'autocars	29.733	29.686	30.888
Capacité totale (en milliers de places assises)	1.109	1.111	1.157
Capacité moyenne (places assises)	37	37	38
Kilométrage total (en millions de km)	1.009	1.002	1.038
Kilométrage moyen en km	33.900	33.800	33.600

(1) équivalence à l'utilisation, où compte tenu des différences de rendement 1 L de gas oil = 1,33 L d'essence

(2) sans la R. A. T. P. (3.739 autobus en 1969)

(3) entreprises industrielles ou commerciales exerçant des activités de transport public à titre secondaire.

T A B L E A U I

ACTIVITE DES TRANSPORTS ROUTIERS - DONNEES DE BASE POUR 1971

	Voitures Part. et Commerciales	Camionnettes C.U. < IT	Camions C.U. > I.T.	Autocars Autobus	R. A. T. P. Réseau Routier
Carburant Majoritaire	E	E	D	D	D
Parc (adopté) en milliers	12.800	1.000	1.055	36	3.692
Capacité Offerte					
1) Voyageurs milliers de Sièges offerts	51.200			1.368	111
2) Charge utile marchan- dise (10 ³ tonnes)			4.962		
Parcours moyens annuels (estimation en km)	12.300	18.000		33.000	33.000
Consommation de carburant (C.P.D.P.)					
- ESSENCE (10 ³ m ³)	13.720	2.060 (1)	1.470(1)	30(1)	
- GAS OIL (10 ³ m ³)	290	100	5.100	402	48
Consommation moyenne en litres aux 100 km	8,94	12			
Trafics					
1) en milliards de voyageurs km	315				2
2) en millions de voyageurs	25,6			180 (estimation)	520
3) en milliards de Tonnes-km			68,2		

(1) pour ces trois catégories le total seul est donné par le C.P.D.P.
la ventilation a été estimée.

T A B L E A U II
 =====

Evolution des Consommations Globales de Carburant dans les Transports Routiers
 (V.P. Camionnettes, Camions et Autocars) SOURCE : C.P.D.P.

	1960	1963	1965	1968	1971
ESSENCE & SUPER CARBURANT (en milliers de m ³)					
- Voitures particulières Commerciales et taxis	4.625	6.080	7.770	10.500	13.720
- Véhicules utilitaires (camions camionnettes et autocars)	2.200	2.480	2.700	3.160	3.560
- Autobus parisiens	24	20	21	9	-
T O T A L	6.849	8.580	10.491	13.669	17.280
Total en milliers de tonnes équivalent charbon (1)	7.479	9.382	11.550	15.090	19.155

GAS-OIL (en milliers de m ³)					
- Voitures particulières et taxis à moteur diesel	20	70	150	210	290
- Autocars et autobus (dont R. A. T. P.)	(30)	(34)	(37)	(42)	450 (48)
- Camionnettes de moins de 1 T. de charge utile	1.760	2.504	3.050	4.167	100
- Camionnettes Camions et autres véhicules utilitaires de 1 T. et plus					5.100
T O T A L	1.780	2.574	3.200	4.377	5.940
Total en milliers de tonnes équivalent charbon (1)	2.213	3.197	3.984	5.443	7.369
Total essence et gas oil en milliers de tonnes équivalent charbon (1)	9.692	12.579	15.534	20.533	26.524

(1) essence : d = 0,720 - super carburant d : 0,745 - gas oil d = 0,027

Coefficient d'équivalence charbon 1 tonne d'hydrocarbure = 1,5 tonne d'équivalent charbon.

T A B L E A U III

	1960	1963	1965	1968	1971
Mode de Transport	Transports Routiers de Marchandises Véhicules de Charge Utile > 1 T.				
Type de Combustible	Gas-Oil (ou équivalent gas oil pour les véhicules à essence)				
Trafic marchandise T x Km (4)	30.600	37.100	46.900	55.800	68.200
Trafic marchandises offert T x Km (5)	60.700	74.200	87.200	105.600	127.000
E S T I M A T I O N S					
Coefficient de remplissage (4) / (5)	0,50	0,50	0,538	0,528	0,537
Consommation totale K. Tonnes (8)	1.626	2.313	2.824	3.852	5.130
E S T I M A T I O N S					
Consommation totale K. TEC (9)	2.439	3.470	4.236	5.778	7.695
Consommation spécifique (kg) (8) / (4)	0,053	0,062	0,060	0,069	0,075
Consommation spécifique (Tec) (9) / (4)	0,080	0,093	0,090	0,104	0,113
Consommation spécifique (8) / (5)	0,027	0,031	0,032	0,037	0,040
Consommation spécifique (9) / (5)	0,041	0,047	0,048	0,056	0,061

S. N. C. F.

La S.N.C.F. a communiqué un tableau indiquant l'évolution des consommations totales annuelles d'énergie pour la traction des trains et l'évolution des consommations spécifiques de 1960 à 1972 avec les commentaires suivants :

Les consommations d'hydrocarbures pour la traction ont été converties en équivalent-charbon sur les bases suivantes :

- Hydrocarbures : 1 kg de combustible liquide = 1,5 kg d'équivalent-charbon (compte tenu des pouvoirs calorifiques respectifs)
- Energie électrique : 1 kWh à l'entrée haute-tension des sous-stations = 0,4 kg d'équivalent-charbon (quantité de charbon consommée dans une centrale thermique pour produire 1 kWh haute-tension, compte tenu des pertes en ligne).

Pour permettre la comparaison avec les autres modes de transport, les tonnes-km du trafic Marchandises tiennent compte des transports en service, mais ne comprennent pas les tonnes-km des wagons de particuliers vides.

Les statistiques de la S.N.C.F. ne donnant pas la répartition des voyageurs-km et des tonnes-km par mode de traction, le calcul des consommations unitaires nécessite des ventilations forfaitaires.

Pour la traction électrique et la traction Diesel qui subsistent seules actuellement, les consommations à l'unité-km se comparent comme suit :

	1960	1965	1970	1972
<u>Traction Electrique</u>				
- en Wh	54	53	55	57
- en g d'équivalent charbon	22	21	22	23
<u>Tràction Diesel</u>				
- en l de combustible Diesel	0,028	0,021	0,020	0,020
- en g d'équivalent-charbon	36	27	25	25

Consommations d'énergie de traction de la SNCF

I - CONSOMMATIONS EN VALEUR REELLE

- Charbon (en 1000 tonnes)
- Fuel lourd (en 1000 m³)
- Combustible Diesel (en 1000 m³)
- Electricité (en M de kWh)

	1960	1965	1970	1972
	2 921	1 493	246	8
	838	700	168	15
	194	289	436	490
	2 657	3 782	4 629	4 821
	2 921	1 493	246	8
	1 194	998	239	22
	248	368	556	624
<i>Total Hydrocarbures</i>	1 442	1 366	795	646
- Electricité	1 063	1 513	1 852	1 928
<u>TOTAL GENERAL</u>	5 426	4 372	2 893	2 582

II - CONSOMMATIONS EN EQUIVALENT-CHARBON (en 1000 t e c)

- Charbon
- Fuel lourd
- Combustible Diesel
- Electricité

Total Hydrocarbures

TOTAL GENERAL

	1960	1965	1970	1972	
- Trafic Voyageurs en MM de voyageurs-km	1	32,0	38,3	40,8	43,0
- Trafic Voyageurs en M de véhicules-km	2	1 022	1 331	1 474	1 562
- Trafic Voyageurs en MM de places-km offertes ⁽¹⁾	3	75,4	93,1	100,7	105,8
- Coefficients d'utilisation en voyageurs-km/ véhicule-km	4 = $\frac{1}{2}$	31	29	28	28
- Coefficients d'utilisation en % de places occupées	5 = $\frac{100 \times 1}{3}$	42	41	40	41
- Trafic Marchandises en MM de tonnes-km taxées	6	57,5	64,8	69,3	67,0
- Trafic Marchandises en MM de tonnes-km de capacité ⁽²⁾	7	99,3	108,1	113,6	106,0
- Coefficients d'utilisation en % de la capacité	8 = $\frac{100 \times 6}{7}$	58	60	61	63
- Trafic global ($\alpha = 1, \beta = 1$) en MM d'unités-km de trafic	9 = 1+6	89,5	103,1	110,1	110,0
- Trafic global en MM d'unités-km de capacité	10 = 3+7	174,7	201,2	214,3	211,8
- Consommations totales d'énergie de traction en 1000 t e c	11	5 426	4 372	2 893	2 582
- Consommations spécifiques en g.e.c./unité -km de trafic	12 = $\frac{11}{9}$	60,6	42,4	26,3	23,5
- Consommations spécifiques en g.e.c./unité -km de capacité	13 = $\frac{11}{10}$	31,1	21,7	13,5	12,2

(1) à l'exclusion des véhicules-km et des places-km des trains de véhicules vides.

(2) tonnes-km de capacité des wagons chargés.

NAVIGATION FLUVIALE

Les résultats suivants ont été communiqués par l'Office National de la Navigation.

Type de combustible : Fuel oil domestique

Trafic réel de marchandises

- Trafic : 14,15 milliards de T.Km
- Consommation en tonnes de fuel domestique : 225 milliers de tonnes (1) (C. P. D. P.)
- Consommation en tonnes équivalent charbon : 337 milliers de tonnes
- Consommation spécifique en Kg de fuel : 0,0159 kg de fuel par T.Km de marchandise transportée
- Consommation spécifique en kg équivalent charbon : 0,0238 kg équivalent charbon par T.Km de marchandise transportée

Trafic offert de marchandises

(trafic qui serait réalisé si tous les déplacements des bateaux, y compris les déplacements à vide, étaient réalisés avec la charge maxima compatible avec l'enfoncement des voies)

- Trafic : 25 milliards de T.Km
- Consommation en tonnes de fuel domestique : 285 milliers de tonnes (2)
- Consommation en tonnes équivalent charbon : 427 milliers de tonnes
- Consommation spécifique en kg de fuel : 0,0114 kg de fuel par T.Km de marchandise offerte
- Consommation spécifique en kg équivalent charbon : 0,0171 kg équivalent charbon par T.Km de marchandise offerte

(1) - Cette consommation tient compte des déplacements à vide dont la consommation au km est égale à la moitié environ de la consommation au km chargé.

(2) - Cette consommation suppose que tous les déplacements des bateaux ont été faits en charge.

R. A. T. P.

La Direction des Transports Terrestres a fourni trois tableaux émanant de la R. A. T. P. :

- le premier concerne le réseau routier (traction uniquement)
- les deux autres concernent le réseau ferré, l'un l'exploitation : traction et éclairage des stations, l'autre, la traction seule.

TABLEAU I - RESEAU ROUTIER

	1960	1965	1970	1972
1 - Trafic voyageur en voyageurs-km (en millions)	3.003	2.636	2.118	2.035
2 - Trafic voyageur en véhicules-km (en millions)	120,5	124,0	119,3	120,5
3 - Trafic voyageur en places-km offertes (en millions)	7.088	7.458	7.898	7.947
4 - Coefficient d'utilisation <u>ligne 1</u> <u>ligne 2</u>	24,92	21,26	17,75	16,89
5 - Coefficient d'utilisation <u>ligne 1</u> <u>ligne 3</u>	0,424	0,353	0,268	0,256
6 - Consommation d'énergie (1) (en milliers d'hectolitres) :				
- mélange ternaire (2)	230,4	197,3	21,9	-
- gas-oil	293,1	358,2	456,9	466,4

(1) Consommation relative à la traction

(2) Composition du mélange ternaire : 1/3 essence
 1/3 alcool
 1/3 benzol

TABLEAU II - RESEAU FERRE

Exploitation: traction et éclairage des stations.

	1960	1965	1970	1972
1 - Trafic voyageur en voyageurs-km (en millions)	6.575	6.863	6.834	6.871
2 - Trafic voyageur en voitures-km (en millions)	173,0	181,6	190,8	201,2
3 - Trafic voyageur en places-km offertes (en millions)	25.373	27.481	30.897	33.245
4 - Coefficient d'utilisation $\frac{\text{ligne 1}}{\text{ligne 2}}$	38,01	37,79	35,82	34,15
5 - Coefficient d'utilisation $\frac{\text{ligne 1}}{\text{ligne 3}}$	0,259	0,250	0,221	0,207
6 - Consommation d'énergie électrique (en millions de kWh)	430,8	491,3	623,6	720,2
7 - Consommation d'énergie en équivalent-charbon (1) (en milliers de tonnes équivalent-charbon)	143,6	163,6	207,9	240,1
8 - Consommation spécifique $\frac{\text{ligne 6}}{\text{ligne 1}}$	0,065	0,072	0,091	0,105
9 - Consommation spécifique $\frac{\text{ligne 7}}{\text{ligne 1}}$	0,022	0,024	0,030	0,035
10 - Consommation spécifique $\frac{\text{ligne 6}}{\text{ligne 3}}$	0,017	0,018	0,020	0,022
11 - Consommation spécifique $\frac{\text{ligne 7}}{\text{ligne 3}}$	0,0057	0,0060	0,0067	0,0072

(1) Taux de conversion appliqué : 1 tonne équivalent -charbon = 3000 kWh.

TABLEAU III - RESEAU FERRE

Traction Seule

	1960	1965	1970	1972
1 - Trafic voyageur en voyageurs-km (en millions)	6.575	6.863	6.834	6.871
2 - Trafic voyageur en voitures-km (en millions)	173,0	181,6	190,8	201,2
3 - Trafic voyageur en places-km offertes (en millions)	25.373	27.481	30.897	33.245
4 - Coefficient d'utilisation <u>ligne 1</u> <u>ligne 2</u>	38,01	37,79	35,82	34,15
5 - Coefficient d'utilisation <u>ligne 1</u> <u>ligne 3</u>	0,259	0,250	0,221	0,207
6 - Consommation d'énergie en électrique (1) (en millions de kWh)	314,0	372,1	507,4	564,9
7 - Consommation d'énergie en équivalent charbon (2) (en milliers de tonnes équivalent-charbon)	104,7	124,0	169,1	188,3
8 - Consommation spécifique <u>ligne 6</u> <u>ligne 1</u>	0,048	0,054	0,074	0,082
9 - Consommation spécifique <u>ligne 7</u> <u>ligne 1</u>	0,016	0,018	0,025	0,027
10 - Consommation spécifique <u>ligne 6</u> <u>ligne 3</u>	0,012	0,014	0,016	0,017
11 - Consommation spécifique <u>ligne 7</u> <u>ligne 3</u>	0,041	0,045	0,055	0,057

(1) Consommation relative à la traction

(2) Taux de conversion appliqué : 1 tonne équivalent-charbon = 3000 kWh.

AVIATION CIVILE

1) - Introduction

L'aviation civile française se compose de trois types de transporteurs :

- Compagnies d'importance nationale : Air France, Air Inter, Union des Transporteurs Aériens (U. T. A.) ;
- Compagnies régionales ou de "troisième niveau" ;
- Aviation générale, qui se compose de l'aviation de voyage (aviation d'affaires notamment) et de l'aviation légère et sportive.

2) - Consommations spécifiques

La formule générale de consommation de carburant à l'heure de vol, pour un avion de poids P (poids sans carburant), de vitesse de croisière V, sur une étape de longueur d, est en approximation linéaire sur d :

$$C = P \cdot \frac{cs}{f} \left(1,03 + \frac{0,6 \times cs}{V \cdot f} \cdot d \right)$$

ou :

cs = consommation spécifique en kg par heure par kg de poussée, de l'ordre de 1.

f = finesse de l'avion, quotient du poids de l'avion par la traînée aérodynamique, de l'ordre de 15.

Le temps de vol lui-même se compose du temps de croisière, égal à $\frac{d}{V}$, et des temps morts au départ et à l'arrivée, de l'ordre d'une demi-heure.

Pour évaluer la consommation globale d'une compagnie aérienne, la formule ci-dessus est évidemment inapplicable, tous les paramètres variant au cours du temps : les types d'avions changent, la longueur moyenne d'étape et la consommation spécifique aussi.

La formule permet cependant de prévoir l'évolution de la consommation unitaire :

En effet, le poids P est approximativement proportionnel à la charge marchande offerte, et le temps de vol à la longueur d'étape dans un intervalle de longueurs restreint. Le produit des deux est donc à peu près proportionnel au tonnage kilométrique offert.

Le découpage que nous avons choisi est le suivant :

- les grandes compagnies, qui exploitent en majorité des avions à réaction : Air France, Air Inter et U. T. A. Le carburant utilisé presque exclusivement par ses compagnies est le kérosène
- les compagnies régionales, qui exploitent essentiellement des avions à piston et turbopropulseurs. Le carburant utilisé est à 90 % de l'essence d'aviation.
- l'aviation générale, qui utilise des petits avions à piston. Le carburant est de l'essence.

3) - Valeur des Statistiques

Les données de trafic et de consommation de carburant qui figurent dans le tableau général sont les statistiques officielles du Secrétariat Général à l'Aviation Civile.

Ces chiffres sont fiables en ce qui concerne les trois grandes compagnies, Air France, Air Inter et U. T. A.

En ce qui concerne les compagnies de "3ème niveau", c'est à dire l'aviation régionale et l'aviation générale, ces statistiques ne sont que des ordres de grandeur : la collecte des données n'est pas encore systématique ni bien au point dans ces deux activités.

4) - Définition des Statistiques

En ce qui concerne les quantités de carburant, les statistiques ne distinguent pas entre les deux types utilisés dans l'aviation, à savoir le kérosène et l'essence. Ceci ne porte pas à conséquence, car ces deux types de carburant ont à peu près la même densité et le même pouvoir énergétique.

Les statistiques de trafic présentées sont celles du trafic passagers kilométrique réalisé (passagers kilomètres) et offert (sièges-kilomètres), et celles du trafic global (tonnes-kilomètres).

PIPELINE D'HYDROCARBURES LIQUIDES

I - Quelques Rappels Techniques

Pour transporter par pipeline un fluide entre les points A et B il faut vaincre

- le potentiel de dénivellée entre les points A et B ;
- les pertes de charges qui dépendent de la nature du fluide, de ses conditions d'écoulement et des caractéristiques physiques du tuyau.

Cette fonction sera remplie par un certain nombre de stations de recompression espacées plus ou moins régulièrement le long du trajet, suivant la répartition des pertes de charges sur toute la longueur du tuyau.

a) - Calcul de la puissance d'une pompe

Les rendements des pompes des stations varient avec le débit entre les valeurs 0,70 et 0,80. En prenant un rendement de 0,75, la puissance P nécessaire pour vaincre la perte de charge globale H_T avec un débit Q est donnée par la formule :

$$P_{(kw)} = \frac{1}{27,5} \times Q_{(m^3/h)} \times H_T \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{ou } P_{(ch)} = \frac{1}{20} \times Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H_T \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{avec } H_T \text{ (kg/cm}^2\text{)} = H \text{ (kg/cm}^2\text{)} + 0,1 \times d \text{ (} h_B - h_A \text{) (m)}$$

$h_B - h_A$ représentant la dénivellée entre les points A et B.

b) - Calcul de la perte de charge H

H est donné par la formule empirique suivante, dans le cas des liquides incompressibles :

$$H \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 6\,370 \times f \times \frac{Q^2}{D^5} \text{ (m}^3\text{/h)} \times d \times L$$

où d désigne la densité du liquide par rapport à l'eau

D désigne le diamètre intérieur du tuyau

L désigne la longueur du tuyau

f désigne le facteur du frottement

Le facteur de frottement est fonction :

- du nombre de Reynolds R du liquide :

$$R = 35\,400 \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)}}{V_{(cs)} \times D \text{ (cm)}}$$

où V désigne la viscosité du liquide à la température considérée

- de la rugosité du tuyau, définie par un facteur k de rugosité relative

c) - Calcul de la consommation spécifique d'énergie par T-km transportée :

En négligeant le facteur de dénivellée (approximation justifiée dans le cas de forts débits et de longues distances), on a :

$$W \text{ (ch h)} = \frac{6\,370}{20} f \frac{Q^3}{D^5 \text{ (cm)}} \text{ (m}^3\text{/h)} \times d \times L \times t$$

où t désigne le temps d'utilisation en heures

pour un trafic assuré de $Q \times \rho \text{ (T/m}^3\text{)} \times t \times L \text{ (T km)}$

D'où la formule suivante (avec l'assimilation numérique $d = \rho$) :

$$C_{\text{ch.h/TK}} = 319 f \frac{Q^2}{D^5 \text{ (cm)}} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

soit, en employant les unités retenues par le comité (KEC/TK)

(1 ch.h = $0,95 \times 10^{-1}$ KeC) :

$$C_{\text{KEC/TK}} = 30 f \frac{Q^2}{D^5 \text{ (cm)}} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (1)$$

II - Analyse de l'Influence des Différents Facteurs

a) - Influence du facteur f

L'annexe technique donne les valeurs numériques du facteur f suivant le débit, le diamètre et la viscosité, dans la gamme des valeurs usitées, et pour une rugosité relative moyenne, peu variable, de l'ordre de 0,0015.

Cette annexe montre clairement que le facteur f est surtout fonction de la nature des produits pour laquelle la viscosité peut prendre des valeurs très différentes.

On peut considérer, néanmoins, en première approximation que f est de l'ordre de 0,0165, pour l'ensemble des produits, sauf pour le fuel-oil lourd, où f est de l'ordre de 0,0350.

b) - Influence du facteur Q

La variation en Q^2 indique que la consommation d'énergie :

- augmente avec le débit moyen
- augmente avec le facteur de modulation, à débit moyen constant

Ainsi, à titre d'exemple, en considérant la courbe mensuelle d'enlèvements du pipeline Méditerranée-Rhône, à facteur de modulation égal à 2, on constate que la consommation spécifique augmente de 10 % (par rapport à une modulation 1).

c) Influence du facteur D

La consommation spécifique diminue très vite avec le diamètre et l'importance de ce facteur sera notée dans la dernière partie.

III - Valeurs réelles Observées de la Consommation Spécifique

Il n'a pas été possible de faire le recensement des consommations unitaires de tous les pipelines en service.

Néanmoins on a pu relever les informations suivantes :

	Donges-Metz	Le Havre-Paris	PLSE Lavéra-Strasbourg- Karlsruhe
Nature	Produits Finis	Produits Finis	Pétrole Brut
Viscosité (cs)	5	3	10
Trafic annuel (10 ⁹ TKm)	0,46 (1971-72)	2 (1972)	22 (1970)
Diamètre (pouces)	12"(30cm)	20"(50cm)	34"(85cm)
Débit annuel moyen (m3/h)	350	1 500	5 100
Consommations spécifiques réelles (KgeC/TK)	0,0029	0,0041	0,0029
Consommations spécifiques calculées (KgeC/TK) à modulation 1	0,0025	0,0035	0,0028

Les consommations réelles sont systématiquement plus élevées que les consommations calculées en raison essentiellement de la modulation des enlèvements.

Le tableau précédent, dans lequel des conditions variées de transport par pipeline ont été envisagées, laisse penser que la consommation spécifique moyenne par pipeline se situerait actuellement aux environs de 0,003 KgeC/T-km, ce qui fait du mode de transport par pipeline le mode de transport terrestre le plus économique, du point de vue de la stricte consommation de l'énergie.

IV - Tableau Statistique

Les données du trafic et de consommation qui figurent dans le tableau général ont été fournies par la Direction des Carburants.

Ils ne sont pas absolument exhaustifs car il ne comprennent que le trafic de brut et de produits finis sur les pipes suivants :

- PLSE, SPMR, Trapil
- Le Havre-Grandpuits
- Donges-Vern

Ils excluent notamment les résultats OTAN.

Annexe Technique

Valeurs de f suivant certaines valeurs de
D, Q et V

$D : 23''$ (50 cm)

$v \backslash Q$	500 m ³ /h	1 000 m ³ /h	2 000 m ³ /h
0,5 cs (essence)	0,0150	0,0140	0,0135
1,5 cs (kérosène)	0,0165	0,0155	0,0143
5 cs (Fuel-oil domes- tique)	0,0200	0,0180	0,0162
250 cs (FO lourd)	0,0450	0,0220	0,0365

$D : 19''$ (35 cm)

$v \backslash Q$	500 m ³ /h	1 000 m ³ /h	2 000 m ³ /h
0,6 cs (essence)	0,0140	0,0135	0,0132
1,5 cs (kérosène)	0,0155	0,0143	0,0137
5 cs (Fuel-oil domes- tique)	0,0180	0,0162	0,0150
250 cs (Fuel-oil lourd)	0,0220	0,0365	0,0310

GAZODUC

Les renseignements permettant de déterminer une "consommation spécifique" pour le transport du gaz sont les suivants :

- consommation globale d'énergie du réseau de transport de gaz de France : 2 % du gaz transporté
- distance moyenne pondérée de transport : 270 km.
- pouvoir calorifique par unité de masse (moyenne pondérée) : 10,5 th PCI/kg.

De ces 3 renseignements, on peut déduire une consommation spécifique de 0,78 th PCI/tonne-km.

En 1972, les réseaux de transport de gaz de France ont véhiculé 75 milliards de thermies PCI environ, tandis que globalement la consommation française de gaz était de 108 milliards de thermies PCI, la différence s'expliquant par les ventes des filiales de gaz de France (S. N. G. S. O. et CeF eM) et des régions non nationalisées. En première approximation, on peut admettre que la distance moyenne de 270 km reste valable pour tout le gaz vendu en France par canalisation.

Ces résultats ont été fournis par Gaz de France.

TRAFIC MARITIME

Les renseignements suivants ont été transmis par la Direction des Ports et Voies Navigables du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme.

Au cours des vingt trois dernières années l'évolution de la consommation en produits pétroliers de soute par les navires transitant dans les ports français est fournie par le tableau n°1 ci-joint.

Ces données ne permettent pas de déterminer les quantités d'énergie nécessaires au commerce extérieur français par voie maritime, puisque de nombreux navires français et étrangers assurant le trafic s'avitailent également à l'étranger. Pour ce qui concerne le trafic pétrolier qui représente 80% du trafic exprimé en tonnes et sans doute un peu plus de la moitié de la consommation en produits pétroliers de soute, les navires citernes se ravitaillent deux fois par rotation dans le pays producteur pour le voyage en charge, en France pour le voyage à vide. En ce qui concerne le trafic de marchandises diverses le phénomène est beaucoup plus complexe puisqu'un navire effectue généralement plusieurs escales entre le port de chargement et le port de déchargement d'une marchandise.

Si l'on effectue dans le tableau n°1, le rapport

$$\frac{\text{Avitaillement en produits pétroliers de soute} \times 100}{\text{Trafic commercial total}}$$

on constate une diminution régulière du ratio de 1955 à 1966 puis une chute rapide de 1966 à 1971. La décroissance régulière s'explique par l'augmentation de la taille moyenne des navires, la chute rapide est consécutive à la fermeture du Canal de Suez, qui a entraîné un allongement important des distances maritimes pour le trafic pétrolier et suscite un accroissement spectaculaire de la taille des navires.

Il serait hasardeux de tenter la mise en place d'un mode de calcul permettant de prévoir les consommations en produits pétroliers de soute tant à moyen terme (1975) qu'à horizon éloigné (1980 ou 1985). Cette impossibilité s'explique non seulement par l'analyse des résultats des années passées mais également en raison :

- des évolutions des caractéristiques techniques des navires et des conséquences qui en résultent sur leur consommation en combustibles et sur la localisation des soutages
- des coûts comparés des produits pétroliers de soute, à un moment donné, dans les différents ports tant français qu'étrangers ; il s'agit d'un phénomène relevant largement des mécanismes de formation des prix internationaux
- du fait que l'évolution de la fonction d'avitaillement n'est pas un élément déterminant de l'évolution des infrastructures portuaires.

EVOLUTION DU TRAFIC MARITIME
DANS LES PORTS FRANCAIS DEPUIS 1950

T : tonne
TK : tonne-kilomètre

Années	Trafic Commercial total (1)		Trafic Produits Pétrolier (1)		Avitaillement en produits pétroliers de soute
	T	10-9 TK	T	10-9 TK	
1 950	47 631 438		21 980 175		976 126
1 951	59 659 181		29 361 532		1 503 185
1 952	60 433 296		31 984 686		1 794 778
1 953	59 142 574		33 027 134		1 660 858
1 954	63 020 399		33 474 688		1 648 003
1 955	68 423 663		35 417 731		1 755 718
1956	76 598 384		36 235 704		1 980 743
1 957	76 622 398		37 083 599		1 723 481
1958	79 046 972		43 386 500		1 921 717
1 959	77 933 860		43 953 049		1 719 638
1960	83 986 140		46 543 516		1 775 135
1 961	94 037 018		53 138 589		2 154 729
1 962	98 226 985		57 669 948		2 157 233
1 963	120 468 545		71 498 732		2 020 081
1 964	135 727 564		86 177 521		2 397 173
1 965	147 584 939		100 604 382		2 142 097
1 966	160 450 826		112 768 985		2 179 931
1 967	165 826 146	600	118 065 942	364	2 619 525
1 968	169 649 912	942	118 559 121	682	2 912 739
1 969	192 527 421	1 075	136 448 258	768	3 552 255
1 970	219 344 744	1 150	155 833 349	797	3 890 182
1 971	228 692 696	1 650	163 972 226	1 300	4 107 023
1 972	249 233 877		179 301 937		4 664 412

(1) non compris avitaillement

C H A P I T R E III

Prévision à l'horizon 1985

des consommations énergétiques du secteur Transport

On trouvera en annexe I un tableau analogue à celui qui a été établi par le sous-groupe "Constat 1973", qui résume les trafics, consommations et consommations spécifiques des différents modes de transport en 1985.

L'annexe II donne répartition des différents carburants par mode de transport en 1985 ainsi que leur fourchette de variation.

De cette annexe II on peut déduire le tableau ci-dessous, retraçant l'évolution du secteur des transports de 1971 à 1985 :

(en MTEC)

	1971	Répartition	1985	répartition	Taux de croissance annuel moyen 1971-1985
Transports routiers	26.86	68.1	63.30	67.7	+ 6.3 %
Transports fluviaux	0.37	1.0	0.48	0.5	+ 2.5 %
Transports maritimes	6.88	17.5	15.20	16.2	+ 5.8 %
Transports ferroviaires	2.97	7.5	4.07	4.2	+ 2.3 %
Transports aériens	2.33	5.9	10.65	11.4	+11.5 %
T O T A L	39.41	100.0	93.70	100.0	+ 6.4 %

Le taux de croissance de 6.4 %/an est calculé en hypothèse moyenne, la fourchette étant de + 5.65 % - + 7.3 %.

Il convient d'insister, et cette remarque vaut pour toutes les annexes constituant ce rapport 1985, que l'évaluation des besoins a été faite en prolongeant les grandes tendances passées en matière de développement économique, de comportement individuel, de conception d'urbanisme etc...

.../...

- 2 -

La prolongation de ces tendances conduit d'ailleurs à une nette inflexion de la croissance des différents secteurs, pour tenir compte des phénomènes naturels de saturation des parcs, des équipements, d'une stabilisation du développement économique.

Mais en aucune façon ce rapport n'a voulu étudier des scénarios de freinage brutal de la consommation du secteur transport, qui serait dû à une révision complète de la politique concernant la demande d'énergie dans un contexte de raréfaction et de renchérissement de l'offre d'énergie. Il a semblé en effet au groupe de travail qu'outre le fait que cet examen aurait débordé le cadre du mandat qui lui avait été confié, il aurait fallu multiplier les scénarios, dans l'ignorance d'une politique qui serait éventuellement appliquée. De plus, en l'absence d'une politique suffisamment précise en ce domaine sur le long terme, les scénarios envisagés auraient pu influencer de façon trop directive l'établissement d'une telle politique.

De toute façon, il est important de cerner le plus près possible l'évolution du secteur Transport jusqu'en 1985, en l'absence d'une politique spécifique de réduction de la demande d'énergie. Une telle connaissance donne les éléments d'appréciation concernant les différents modes de transport et les carburants utilisés qui permettraient de garder le choix de certaines décisions s'il s'avérait nécessaire de les prendre dans le futur.

I - L'évolution de la consommation des différents modes de transport.

Elle apparaît dans le tableau précédent. On remarque que la structure générale par mode de transport n'est pas radicalement changée. Le transport aérien augmente sa part de façon notable (il passe de 6 à 11 %) au détriment des autres modes de transport.

La comparaison des taux de croissance annuels moyens sur la période 1971-1985 avec les taux sur la période des 15 années précédentes (non reproduits dans ce rapport) montrerait une nette inflexion sur l'ensemble des secteurs, sauf dans le domaine des transports ferroviaires et fluviaux pour lesquels on a admis un renforcement de la concurrence.

Cette inflexion doit être cherchée dans la saturation des parcs et une moindre progression du trafic, alors que les consommations spécifiques ont plutôt tendance à stagner ou à augmenter.

.../...

On trouvera dans les annexes III à XI la prévision détaillée de chaque mode de transport, hors pipelines.

En ce qui concerne les véhicules électriques qui sont encore au stade de la recherche, l'annexe XII donne différents éléments d'appréciation sur les créneaux envisageables et les consommations spécifiques par type de créneau. Il n'a pas semblé possible au groupe de travail, étant donné l'incertitude encore très grande sur l'avenir de ce type de véhicule, de l'insérer dans les prévisions globales du secteur Transports en 1985.

II - L'évolution des consommations spécifiques

Il faut distinguer les consommations spécifiques ramenées au trafic demandé de celles ramenées au trafic offert, qui varient suivant le coefficient d'occupation de chaque mode.

1) par rapport au trafic demandé :

- Tendance à l'augmentation : véhicules particuliers et commerciaux, camionnettes de charge utile inférieure à 1 T, Autocars, Autobus.
- Tendance à la stabilisation : Camions de charge utile supérieure à 1 T, SNCF, Navigation intérieure.
- Tendance à la diminution : Pipelines, Marine Marchande, RATP réseau routier.

Les tendances relatives aux autres modes n'ont pu être déterminées.

2) par rapport au trafic offert :

- Tendance à l'augmentation : véhicules particuliers et commerciaux, Camionnettes de charge utile inférieure à 1 T, Autocars, Autobus, Camions de charge utile supérieure à 1 T, SNCF, avions de lignes régulières.
 - Tendance à la stabilisation : RATP réseau routier, Navigation intérieure.
 - Tendance à la diminution : Aviation civile, Pipelines, pétroliers
- Les tendances relatives aux autres modes n'ont pu être déterminées.

III - La comparaison des consommations spécifiques

Il a déjà été indiqué, lors de l'examen du Constat 1973, qu'une telle comparaison doit être maniée avec prudence en raison :

- du problème des coefficients d'équivalence entre différents carburants
- de l'hétérogénéité des unités de trafic retenues : voyageur-km, tonne kilomètre ou unité kilométrique .../...

(pondération des deux premières unités au moyen de multiplicateurs variables suivant le mode de transport).

- 4 -

Néanmoins, en ce qui concerne le transport des marchandises, hors SNCF, on pourra retenir la hiérarchie suivante, par ordre croissant des consommations spécifiques :

- Pipelines et marine marchande
- Navigation fluviale
- Transport routier de charge utile supérieure à 1 T.
- Aviation Civile.

Le problème d'une classification est également rendu complexe car les consommations spécifiques sont établies selon des critères propres à chaque mode de transport. Par exemple, l'aviation considère uniquement la charge utile d'un avion et pour elle 1 passager "consomme" autant de carburant que 90 kilogrammes de fret, et ceci sans tenir compte du poids à vide de l'appareil. La S.N.C.F., par contre, considère la charge totale tractée et dans ces conditions aboutit à une même consommation d'énergie pour transporter 1 voyageur ou 1 tonne de marchandises. Ces deux méthodes sont également logiques mais rendent délicates un classement par consommation spécifique.

ANNEXE I

Trafic, consommation et consommations spécifiques des différents modes de transport 1985 (Hypothèse moyenne)

Mode de Transport	Voitures particulières et commerciales	Autobus (hors RATP)	Autocars RATP	Camions nettes (1T)	Camions (CU) 1T	FATP Réseau ferré+ autres: métros	SNCF	Aviation civile	Pipeline	Navigation intérieure	Marine Marchande
Carburant directeur	Essence	gas-oil	gas-oil	Essence	gas-oil	Electricité	Electricité	Kérosène	Electricité	Fuel domestique	Fuel-oil lourd
Trafic voyageur voy. x km (1)	584x10 ⁹						57x10 ⁹ VK				
Trafic voyageur offert véh. x km (2)	292x10 ⁹			36,7x10 ⁹							
Trafic voyageur offert siège x km (3)	1168 · 10 ⁹						127x10 ⁹ VK				
Coeff. de remplissage véhi. (1)/(2)	2										
Coeff. de remplissage siège (1)/(3)	0,50						0,45				
Trafic marchand. (TK) (4)					175x10 ⁹ TK		110x10 ⁹ TK	95x10 ⁹ TK	20x10 ⁹ TK	3500x10 ⁹ TK	
Trafic marchand. offert (TK) (5)					290x10 ⁹ TK		164x10 ⁹ TK			35x10 ⁹ TK	

ANNEXE I

Trafic, consommation et consommations spécifiques des différents modes de transport 1985 (Hypothèse moyenne)

(Suite N°1)

Mode de Transport	Voitures particulières et commerciales	Autobus (hors RATP)	RATP Réseau routier	Camions (1 T)	Camions (2 T)	RATP Réseau ferré autres métros	SNCF Réseau ferré autres métros	Aviation civile	Pipeline	Navigation intérieure	Marine Marchande
(Coeff. de rempliss. (4) / (5))					0,60		0,67			0,57	
Trafic global (A (1) + B (2) = 6 (3))	584x10 ⁹ VK				175x10 ⁹ TK		167x10 ⁹ UK			20x10 ⁹ TK	3500x10 ⁹ TK
Trafic global offert (A (3) + B (5) = 7 (4))	1168x10 ⁹ VK				290x10 ⁹ TKO		291x10 ⁹ UKO	16,62x10 ⁹ VKO		35x10 ⁹ TK	
Consommation totale (8)	24 MT	0,71 MT	0,05 MT	3,80 MT	12,8 MT	1,45 MT	10 MM Kwh	7,72 MT	2x10 ⁹ kwh	0,32 MT	9,5 MT
Consommation totale en Equi. ch. (9)	36 MTEC	1,08 MTEC	0,07 MTEC	5,58 MTEC	19,2 MTEC	3,47 MTEC	11,59 MTEC	0,66 MTEC	0,48 MTEC		
Consommation spécifique (8)/(6)	0,41 Kg / voy. Km				0,07 Kg / TK		0,06 Kwh / UK		0,02 K wh / TK	0,016 Kg / TK	0,002 Kg / TK
Consommation spécifique (9) / (6)	0,0613 Kec / VK				0,109 Kec / TK		0,0208 Kec / UK		0,007 Kec / TK	0,024 Kec / TK	0,004 Kec / TK
Consommation spécifique (8) / (7)	0,0205 Kg / VKO				0,044 Kg / TKO		0,034 Kwh / UKO	0,46 Kg / UKO		0,0091 Kg / TKO	
Consommation spécifique (9) / (7)	0,031 Kec / VKO				0,066 Kec / TKO		0,012 Kec / UKO	0,69 Kec / UKO		0,0135 Kec / TKO	

ANNEXE I

Trafic, consommation et consommations spécifiques des différents modes de transport 1985 (Hypothèse moyenne) Suite 2)

Mode de transport	Voitures particulières et commerciales	Autobus (hors RATP)	RATP Réseau routier	Camions nettes CU (1 T)	Camions CU (1 T) ferré + autres métros	RATP Réseau SNCF	Aviation civile	Pipeline	Navigation intérieure	Marine Marchande
Consommation spécifique (8)/(2)	0,082 Kg/véhK			0,103 Kg/véhK	0,525 Kg/véhK					
Consommation spécifique (9)/(2)	0,123 Kcc/véh.K			0,155 Kcc/véh.K	0,785 Kcc/véh.K					

(*) Tonnages chargés et déchargés dans les ports français
 (***) A et B étant des coefficients de pondération variables suivant le mode de transport

ANNEXE II

Répartition par mode de transport des différents carburants consommés sur le territoire français en 1985 (hypothèse moyenne)

	: Essence ou Super (MT)	: Equiv. gas-oil (MT)	: Gas-oil (MT)	: Equiv. ess. (MT)	: Fuel-Oil domes- tique (MT)	: Equiv. Elec- trici- té (MKwh)	: Kérose (MT)	: Avia- tion (MT)	: -oil + gas- : Diesel : oil (MT)	: Elec- trici- té (MKwh)	: Total carburant directeur	: Total en MTEC	: Réparti- tion en (%)
Voitures par- ticulières et commerciales	23,30		0,53	0,70							24 MT ess.	35,82	37,9
Autobus-Auto- cars (hors RATP)	0,04	0,03	0,68								0,71 MT GO	1,08	1,1
RATP réseau routier			0,05								0,05 MT GO	0,07	0,1
Camionnettes CU (1 T	3,45		0,27	0,35							3,80 MT ess.	5,58	5,9
Camions CU) 1 T	1,80	1,38	11,42								12,80 MT GO	19,85	21,0
S.N.C.F.					0,64	2,4				7,6	10 MM Kwh	3,47	3,7
RATP réseau ferré + Au- tres métros									1,8		1,8 MM Kwh	0,60	0,6
Navigation fluviale					0,32						0,32 MT FOD	0,48	0,5

ANNEXE I (Suite)

de
Répartition par mode transport des différents carburants consommés sur le territoire français
en 1985 (Hypothèse moyenne)

Marine Mar- chande	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	10 MT fuel	15,0	16,0
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	10			
Aviation ci- vile	:	:	:	:	:	:	7,0	0,1	:	:	:	7,1 MT Kér.	10,65	11,3
Autres usages: (motocycles, tracteurs)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
navigation de: plaisance pê- che etc...)	0,86	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	0,86 MT ess.	1,25	1,3
	:	:	0,40	:	:	:	:	:	:	:	:	0,40 MT GO	0,60	0,6
TOTAL	29,45	1,41	13,25	1,05	0,96	2,4	7,0	0,1	9,5	9,4	:	:	94,45	100,0

- Remarques : 1) l'éclatement par type de carburant des prévisions de chaque mode de transport a été effectué au moyen de coefficients d'utilisation 1T Gas-oil - 1,3 T Essence
1 MM Kwh - 0,4 TEC - 0,267 TEP (Coeff. retenu par la SNCF)
- 2) le regroupement en TEC de tous les carburants a été effectué au moyen des coefficients de production, pour être homogène avec les données du plan :
1 TEP = 1,5 TEC pour tous les produits pétroliers
1 MM Kwh = 0,33 TEC
- 3) la consommation des pipeline ne figure pas dans ce tableau. Elle ne relève pas en effet des statistiques du secteur transport mais du secteur industrie.
- 4) Ce tableau concerne les consommations sur le territoire français. Pour l'ensemble des modes de transport, excepté l'aviation civile et la Marine Marchande, on a supposé qu'à long terme le flux de transport des véhicules étrangers en France et celui des véhicules français à l'étranger s'équilibraient.

ANNEXE II B_a

Répartition des différents carburants par mode de transport en 1985 (Fourchette extrême)

Mode de Transport	Essence ou super (MT)	Equiv. Gas- oil (MT)	Gas-oil (MT)	Equiv. essence (MT)	Fuel-oil domes- tique (MWh)	Equiv. Elec- tricité (MT)	Kérosène (MT)
Voitures particu- lières et commercia- les	20,10-28,64		0,46-0,66	0,60-0,86			
Autobus-Autocars (hors RATP)	0,04	0,03	0,68				
RATP réseau routier			0,05				
Camionnettes CU (1 T	3,45		0,27	0,36			
Camions CU) 1 T	1,64-1,95	1,26-1,50	10,44-12,40				
SNCF					0,60-0,70	2,26-2,62	
RATP Réseau ferré + Autres métropoli- tains							
Navigation fluviale					0,32		
Marine Marchande							
Aviation civile							6,2-7,9
Autres usages (Moto- cycles, tracteurs, navigation de plai- sance, pêche etc...)	0,86		0,40				
TOTAL	26,1-34,9	1,29-1,52	12,3-14,5	0,95-1,21	0,92-1,02	2,26-2,62	6,2-7,9 *

* Cette estimation tient compte de la liaison qui peut exister entre les variations de consommation de certains modes de transport SNCF et transport routier de charge utile supérieure à 1 T par exemple)

Essence aviation (MT)	Fuel-oil lourd + gas-oil + Diesel oil (MT)	Electricité (MM Kwh)	Total carburant directeur	Total en MTEC
			20,7-29,5 MT ess.	30,8-44,0
			0,71 MT GO	1,08
			6,05 MT GO	0,07
			3,80 MT ess.	5,58
			11,7-13,9 MT GO	18,1-21,55
		7,14-8,23	9,4-10,96 MM Kwh	3,25-3,81
		1,8	1,8 MM Kwh	0,60
			0,32 MT FOD	0,48
	9-3-11		9-11 MT Fuel	13,65-16,50
0,1			6,3-8 MT Kér	9,45-12,00
			0,86 MT ess.	1,25
			0,40 MT GO	0,60
0,1	9-10	8,94-10,03		85-105,5 *

A N N E X E III

Véhicules particuliers et commerciaux en 1985.

La prévision de ce mode de transport a été établie en prévoyant séparément le trafic (parc et kilométrage) et la consommation unitaire. Cette prévision est basée sur un certain comportement "laissez-faire" en matière automobile : on n'a pas fait d'hypothèses sur les modifications de comportement en matière d'économie d'énergie par exemple, ni sur une modification radicale de la conception urbanistique. On constatera néanmoins que, toute mesure volontariste et toute mutation profonde des comportements étant exclues, la consommation de ce mode de transport connaîtra une croissance infléchie d'ici à 1985, provoquée par une saturation de l'équipement des ménages et un ralentissement déjà observé de la croissance du kilométrage annuel, en dépit d'une augmentation encore notable de la consommation spécifique.

L'évolution des différents paramètres est retracée dans le tableau suivant :

Tableau I

	1971	1985	Taux d'accroissement
Parc (10^6)	12,8	20,5	+ 60 %
Kilométrage annuel (10^3)	12,6	14,3	+ 14 %
Trafic offert (10^9) véh. Km)	161	292	+ 81 %
Consommation totale (en m^3)	14,1	32	+ 127 %
(en MT)	(10,6)	(24)	
Consommation Spécifique (en l/Véh. Km)	0,0875	0,1095	+ 25 %

I) Le Trafic.

Logiquement une prévision de trafic devrait s'inspirer d'une prévision globale du trafic voyageurs, établie en corrélation avec un indicateur global de l'activité économique. En fait, contrairement au transport des marchandises, il n'est guère possible de disposer de données suffisamment sûres pour déterminer un tel trafic. Aussi le groupe de travail s'est-il contenté d'établir une prévision du trafic des V P C (véhicules particuliers et commerciaux) indépendante. On a raisonné sur le trafic offert, tenant compte de la saturation en équipement automobile des ménages. Il est probable, en l'absence de mesures incitatives, que le trafic réel suivra le trafic offert, c'est-à-dire que le nombre moyen de voyageurs par véhicule restera voisin de 2.

Le trafic offert a été estimé à partir des enquêtes de l'INSEE auprès des ménages et leur extrapolation en 1985. On explique la croissance du parc et du kilométrage par l'effet revenu. Cette méthodologie, assez sûre en ce qui concerne le parc automobile, se révèle fragile lorsqu'on examine le kilométrage. S'il est indéniable que le kilométrage moyen par classe de revenu est fonction de cette classe, il dépend également de l'évolution de l'infrastructure routière, qui pourra freiner ou accélérer le rythme des déplacements, et du prix des carburants, qui pourra inciter à diminuer ou à augmenter les dépenses courantes du véhicule, en particulier les dépenses de kilométrage.

C'est pourquoi la présentation des prévisions de trafic donne :

- une valeur unique concernant le parc, ce paramètre ayant en lui-même une certaine inertie.
- une valeur centrale du kilométrage annuel moyen, basée sur l'effet revenu, accompagnée d'une fourchette tenant compte de l'influence de l'infrastructure routière et du prix du carburant.

La situation actuelle et future du trafic offert peut-être résumée dans les tableaux suivants.

Tableau II : taux de possession, kilométrage et parc en 1971.

	P (en %)	t ¹ (en %)	t ² (en %)	k ¹ (en Km)	k ² (en km)
3 KF	2,7	3	-	8 200	-
3 à 6	8,0	17	-	8 200	-
6 à 10	13,8	35	1	9 600	8 200
10 à 15	21,5	56	1	10 300	8 200
15 à 20	17,3	69	4	11 200	9 600
20 à 30	19,1	79	12	13 700	10 300
30 à 50	13,4	88	18	16 200	11 200
>50 KF	4,2	93	31	16 700	14 300
moyenne	100,0	61	7	12 800	11 200
				12 600	

où p désigne la répartition du nombre de ménages par classe de revenu

t¹ " le taux de simple possession "

t² " " double possession "

K¹ " le kilométrage annuel moyen du 1er véhicule "

K² " " du 2e véhicule "

Nombre de ménages : $16,8 \times 10^5$

$$\text{Parc} : \frac{16,8 \times 0,68}{0,9} = 12,8 \times 10^6$$

Le coefficient 0,9 exprime que les véhicules possédés par les ménages représentent 90 % du parc total des véhicules particuliers et commerciaux.

Un tableau analogue a pu être établi pour 1985, qui donne les valeurs des différents paramètres par classe de revenu, le revenu étant évalué à francs constants. La médiane des revenus a été supposée progresser à un rythme annuel de l'ordre de 5 %.

Tableau III taux de possession, kilométrage et parc en 1985.

	p	t ¹	t ²	K ¹	K ²
< 3 KF	0,9	2	-	8 600	
3 à 6	3,3	20	1	8 600	
6 à 10	7,8	38	1	10 000	8 600
10 à 15	15,0	58	4	10 700	8 600
15 à 20	18,0	74	9	11 700	10 000
20 à 30	25,0	84	19	14 300	10 700
30 à 50	20,5	93	24	16 900	11 700
> 50 KF	9,5	97	32	17 400	14 900
Moyenne	100,0	75	15	14 300	14 500
					14 300

Nombre de ménages : $20,5 \times 10^6$

$$\text{Parc} : \frac{20,5 \times 0,9}{0,9} = 20,5 \times 10^6$$

.../.

Le nombre moyen de voitures par ménage, pris à une valeur de 0.9, correspond à ce que peut-être observé actuellement l'évolution de la motorisation aux Etats-Unis.

La progression du kilométrage traduit un certain rattrapage par rapport à d'autres pays. Certains pays européens, notamment, connaissent dès maintenant un kilométrage annuel moyen de l'ordre de 15 000 km.

Bien que les données d'appréciation soient insuffisantes au groupe de travail, il semble qu'il faille retenir une fourchette de 13 500 à 15 500 km sur ce kilométrage pour traduire l'impact :

- d'une infrastructure routière développée pour 15 500 km
- d'un prix du carburant élevé pour 13 500 km.

II La consommation unitaire

Elle dépend essentiellement de trois facteurs :

- l'évolution de la puissance réelle
- l'évolution des conditions de trafic
- l'évolution de la réglementation antipollution

1) Evolution de la puissance réelle

On constate depuis un certain nombre d'années une augmentation de la cylindrée moyenne de quelque 2. % par an. Néanmoins au cours des deux ou trois dernières années, les nouvelles immatriculations de petite cylindrée (inférieure à 6 CV) connaissent une progression plus importante que celles de moyenne et grande cylindrée, ce qui semble lié au taux de possession croissant de deuxième véhicule.

En faisant la distinction entre véhicule de simple et double possession, on peut analyser sommairement en 1971 la puissance moyenne du parc, qui était de 6,8 CV fiscaux (soit approximativement 61 ch SAE).

1 9 7 1

	Simple possession	double possession	ensemble
Nombre de véhicules par ménage	0.61	0.07	0.68
Puissance (CV fiscaux)	7	5	6.8

.../.

En 1985, en l'absence de toute mesure antipollution, la puissance réelle ne devrait augmenter que légèrement. En effet :

- le taux de double possession augmentera plus vite que celui de simple possession et il semble exclu que la cylindrée de ce type de voiture, à utilisation essentiellement urbaine, augmente.

- la cylindrée du premier véhicule devrait augmenter, mais moins vite que dans le passé. Il existe en effet une certaine propension à une cylindrée croissante (possibilités de reprise, de vitesse de pointe et aussi affichage d'un certain "Standing"), mais l'extension des limitations de vitesse et l'argument publicitaire de "la voiture qui consomme moins" devraient tempérer cette augmentation. On a retenu ici une croissance de l'ordre de 10 %, ce qui est faible sur l'ensemble de la période.

1985

	Simple	double	ensemble
Nombre de voitures par ménage	0.75	0.15	0.90
Puissance (CV fiscaux)	7.7	5	7.2
Puissance réelle (ch SAE)	70	45	65

L'augmentation de puissance réelle devrait donc être de quelque 6 %, ainsi que celle de la consommation, qui lui est pratiquement proportionnelle.

2) Les conditions de trafic

En 1971, la répartition du trafic en zone urbaine et en rase campagne était grossièrement de 30 % - 70 %.

D'après des études menées au sein du groupe de travail Frybourg au début de 1972, on peut s'attendre à ce que le trafic dans les zones urbaines augmente de l'ordre de 50 % d'ici à 1985.

Par ailleurs, les indices de circulation motorisée (établis par la SETRA) font état d'un doublement de la circulation hors agglomérations tous les dix ans. On a retenu un doublement sur la période 1972-1985. Le maintien du taux de croissance de cette circulation à un niveau élevé s'explique par la prise en compte de la circulation autoroutière au cours des prochaines années.

.../.

La croissance envisagée des deux types de circulation urbaine et rase campagne conduit à une répartition 25 % - 75 % en 1985. Cependant, parmi ces 75 % il faut compter environ 1/5 de circulation assimilable à une circulation urbaine (au sens de la consommation).

D'où l'évolution des conditions de trafic suivante :

	Trafic rase campagne	Trafic urbain propre et assimilé
1971	70 %	30 %
1985	60 %	40 %

Différentes enquêtes, recoupées par les indications fournies par les essais en cycle européen, tendent à montrer que l'on consomme en trafic urbain 1,5 fois plus qu'en trafic rase campagne. L'accroissement de consommation dû aux conditions de trafic serait donc de l'ordre de :

$$\frac{0,4 \times 1,5 + 0,6}{0,3 \times 1,5 + 0,7} - 1, \text{ soit } 5 \%$$

3) La réglementation antipollution

L'incidence de différents ensembles anti-pollution sur la consommation n'est pas encore connue avec précision. Elle dépend de l'ensemble antipollution dont le choix pourra être lui-même conditionné par la sévérité des normes à respecter. L'Inter Industry Emission Control a donné en 1971 des estimations d'accroissement de consommation de différents ensembles antipollution, nécessaires pour satisfaire les normes américaines fédérales de 1976 :

- Réacteur thermique + Recirculation des gaz d'échappement + 20-25 %
- Réacteur catalytique + Recirculation des gaz d'échappement + 10-15 %
- (CO - HC)
- + Diminution du taux de compression + 7 %
- Double réacteur catalytique + Recirculation des gaz d'échappement + 5-10 %
- (NOX, CO-HC)
- + Diminution du taux de compression + 7 %

Ces chiffres font donc ressortir une augmentation pouvant aller de 12 à 25 % suivant les systèmes.

Néanmoins, il n'est pas évident que les normes fédérales américaines seront transposables en France en 1985. D'autre part ces systèmes ne sont qu'au stade du développement et d'autres systèmes (moteurs à charge stratifiée par exemple) pourraient à la limite ne pas entraîner d'augmentation de consommation.

.../.

Il semble donc raisonnable d'envisager pour 1985 un accroissement de l'ordre de 10 % de la consommation unitaire en raison de contraintes antipollution, par rapport à la situation en 1971. L'incertitude sur ce facteur étant importante, il convient de retenir une fourchette :

- 0 % dans le cas d'une réglementation très peu sévère et de dispositifs peu consommateurs d'énergie.

- 25 % dans le cas d'une réglementation très sévère et du maintien au stade actuel des caractéristiques des dispositifs connus.

4) Autres facteurs

Un confort accru du véhicule pourrait entraîner un accroissement de consommation de l'ordre de 2 % (climatisation, boîte de vitesses automatique etc...), ce genre d'améliorations ne devant concerner en tout état de cause qu'une faible fraction du parc automobile.

5) Récapitulation.

En tenant compte des différents facteurs énumérés ci-dessus, on arrive à un accroissement de consommation global de 25 % dont

6 % dus à l'augmentation de puissance réelle

5 % dus à la modification des conditions de trafic

10 % dus à une réglementation antipollution moyenne

2 % dus à d'autres facteurs.

Ce pourcentage de 25 % se situe dans la fourchette 14 % - 42 % qui traduit les variations de l'incidence de la réglementation antipollution.

IV Récapitulation

Le tableau IV récapitule les consommations et les taux de croissance suivant les hypothèses retenues.

.../.

Tableau IV 1935

Consommation en MT
(taux de croissance annuel moyen en % de 1971 à 1985)

	Consommation unitaire fai- ble	Consommation unitaire moyenne	Consommation unitaire forte
kilométrage annuel faible	20,7 (+4,9%)	22,7 (+5,6 %)	25,7 (+ 6,5 %)
kilométrage annuel moyen	21,9 (+5,3%)	24 (+ 6 %)	27,2 (+ 7,1 %)
kilométrage annuel fort	23,7 (+5,9%)	26 (+ 6,6%)	29,5 (+7,6 %)

ANNEXE IV

Autocars - Autobus hors RATP - 1985

Les données relatives à ce mode de transport sont très imprécises. Il représente de toute façon un pourcentage faible de l'ensemble des consommations du secteur transport.

L'évolution de ce mode de transport peut être résumée dans le tableau suivant :

	1971	1985	Accroissement annuel moyen
Parc (10 ³)	32	59	+ 4,5 %
Consom. (MTEquiv GO) dont	0,35	0,71	+ 5,2 %
- Gas oil	(0,32)	(0,68)	
- Essence	(0,03)	(0,03)	
Consommation annuelle par vé- hicule (T Equiv GO/an)	10,9 T/an	12 T/an	+ 0,7 %

Cette évolution correspond à une certaine saturation du parc et à une stabilisation du kilométrage annuel. La consommation spécifique devrait augmenter de l'ordre de 10 % pour tenir compte de la modification des conditions de trafic et des réglementations antipollution.

ANNEXE VTransport R.A.T.P. 1985A. -- Réseau ferré

Tableau synthétique .

	1973	1978 (plan R.A.T.P)	1985	Accroissement 1973/1985
Trafic (en M. Voy.)	1 213	1 370	1 790	+ 48 %
Consommation * en Ml Kwh	0.59	1.12	1.45	+146 %
dont				
-RER	0,14	0.22	0.25	
-Autres	0.45	0.90	1.20	

* Cette consommation ne comprend que l'énergie de traction. Elle n'est donc pas à rapprocher du chiffre du constat 1972 qui concerne l'ensemble de l'exploitation.

Le trafic, déjà important, ne progresserait que modérément.

La consommation augmentera encore fortement, d'avantage par l'extension des lignes déjà existantes que par la réalisation des nouvelles lignes RER (Port-Royal - Châtelet, Auber Nation).

Si l'on estime à 0.35 Ml Kwh la consommation des quelques lignes qui pourraient entrer en service dans certaines métropoles de province, la consommation totale attendrait quelque 1,8 Ml Kwh en 1985 pour l'ensemble du réseau ferré métropolitain français.

B. -- Réseau routier

Tableau synthétique

	1973	1978 (plan RATP)	1985	Accroissement 1973/1985
Trafic (en M. Voyageurs)	487	510	690	+ 42 %
Consommation en Mt Gasoil	0.038	0.037	0.05	+ 32 %

Ce tableau fait ressortir deux phases :

1°) de 1973 à 1978 , l'extension des couloirs d'autobus, permettant une circulation à une vitesse moyenne plus proche de l'optimum de consommation, et l'amélioration des taux de remplissage devraient conduire à une stabilisation des tonnages consommés.

2°) de 1978 à 1985 les progrès réalisés dans la phase précédente se maintiendront et rendront le transport routier RATP plus attractif : la consommation augmentera grâce à une croissance plus vive du trafic alors que la consommation spécifique par véhicule se stabilisera.

A N N E X E VI

Transport routier (charge utile inférieure à 1T) 1985

Les données relatives à ce mode de transport sont particulièrement imprécises (consommation, parc et kilométrage moyen). Aussi se contentera-t-on d'une précision très succincte, résumée dans le tableau suivant :

	1 9 6 5	1 9 7 1	Taux de crois- sance annuel moyen	1 9 8 5	Taux de crois- sance annuel moyen
<u>Gas-oil</u>					
Parc (10 ³)	20	44	+ 14 %	128	+ 8 %
Consom. par véh. et par an (T/véh.an)	1.9	1.9		2.1	
Consommation					
- MT GO *	0,038	0,084	+ 14 %	0,27	+ 8,7%
- (MT équiv. Ess.)	(0,050)	(0,110)		(0,35)	
<u>Essence</u>					
Parc (10 ³)	700	1 000	+ 6,1%	2 000	+ 5 %
Consom. par véh. et par an (T/véh.an)	1,45	1,5		1,7	
Consommation					
MT ess.	1,01	1,53	+ 7,2%	3,45	+ 6 %
<u>Essence + Gas-oil</u>					
Consommation (en équiv. essence)	1,06	1,64	+ 7,6%	3,80	+ 6,2%

(* 1T Gas-oil = 1,3 T essence)

On a admis :

- un certain ralentissement du parc.
- une stabilisation du kilométrage annuel moyen
- une augmentation de 15% de la consommation spécifique des véhicules à essence (modification des conditions de trafic et des réglementations antipollution).
- une augmentation de 10% de la consommation spécifique des véhicules Diesel (modification des conditions de trafic et des réglementations antipollution, ces dernières ayant une incidence moindre sur la consommation que dans le cas des véhicules à essence).

ANNEXE VII

Transport routier (charge utile supérieure à 1 T)

I - Introduction

A la différence du mode de transport des véhicules particuliers et commerciaux, le transport routier de charge utile supérieure à 1 T peut s'inscrire dans une prévision globale de trafic marchandises.

On a donc estimé le développement de ce trafic global, puis une répartition modale, donnant une prévision du trafic routier.

Le trafic offert et la consommation ont été évalués à partir d'une analyse de la structure du parc des poids lourds.

Le tableau suivant résume les différentes données dans une hypothèse moyenne de trafic routier et de consommation.

	1972	1985	Accroissement
Trafic offert (10 ⁹ TKO)	135	290	+ 115 %
Trafic demandé (10 ⁹ TK)	72	175	+ 143 %
Consommation (en MT équiv. G.O.)	5.40	12.8	+ 137 %
Consommation unitaire			
Kg/TK	0.075	0.073	- 2,5 %
Kg/TKO	0.040	0.044	+ 10 %

Ce tableau montre un léger gain sur la consommation unitaire spécifique par TK, du fait de l'amélioration du rapport trafic demandé / trafic offert, en dépit d'une augmentation sensible de la consommation spécifique par TKO.

.../...

II - Le trafic demandé

En corrélant le trafic total marchandises de charge utile supérieure à 1 T avec la P.I.B., on peut retenir une estimation globale de l'ordre de 400×10^9 TK en 1985, ainsi qu'il est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau I - Trafic Marchandises

(10^9 TK)

	1955	1960	1965	1972	1985
Fer	46.8	56.9	64.6	68.6	110
Route	20.4	30.6	46.9	72.0	175
Voies Navigables	8.9	10.8	12.5	14.2	20
Oléoducs	0.6	0.9	21.2	34.5	95
Total	76.7	99.2	145.2	189.3	400

L'évolution du trafic global tient compte implicitement d'une progression de la PIB à francs constants à un rythme moyen de 5,3 % par an.

On peut admettre à cet horizon une fourchette de 380 à 420 milliards de TK.

La répartition modale de ce trafic correspond aux taux de croissance annuels moyens suivants :

Tableau II - Taux de croissance annuel moyen des différents modes

	1955/1960	1960/1965	1965/1972	1972/1985
Fer	4 %	2,6 %	0,85 %	3,7 %
Route	8,5 %	9 %	6,5 %	7 %
Voies Navigables	4 %	3 %	1,8 %	2,7 %
Oléoducs	8 %	86 %	7 %	8 %
Total	5,2 %	7,9 %	3,8 %	5,9 %

La croissance des différents modes part des considérations suivantes :

- la voie ferrée, et dans une moindre mesure les voies navigables étant donné les infrastructures projetées et dans une perspective quelque peu volontariste de voir soutenir leur concurrence, ont un taux de croissance supérieur à celui constaté au cours des sept dernières années.

- les oléoducs maintiennent un rythme de croissance annuel de 8 % qui traduit une concurrence toujours vive, en raison des avantages spécifiques de ce mode de transport (faible coût d'exploitation, sécurité de transport etc...).

- la route, compte tenu du fort accroissement de la demande du trafic global, devrait continuer sur son rythme actuel de développement.

La répartition modale des transports hors oléoducs évolue donc comme suit :

	Fer	Route	Voies navigables
1972	45 %	46 %	9 %
1985	36 %	57,5 %	6,5 %

D'autres scénarios doivent être envisagés concernant cette répartition pour traduire essentiellement des modifications de la répartition entre le rail et la route, qui dépendra notamment de la politique suivie en matière de taxation et de contingentement.

- Hypothèse faible de 38.5 % rail 55 % route
- Hypothèse forte de 34.5 % rail 59 % route

Compte tenu des deux effets de variation du trafic global et de la part du trafic routier, ce dernier, de 175×10^9 TK en hypothèse moyenne, se situerait dans une fourchette de 160 à 190×10^9 TK.

III - Le trafic offert et la consommation spécifique.

1) Evolution du parc des poids lourds routiers

Ces deux paramètres dépendent de l'évolution des différentes caractéristiques du parc routier (poids total moyen unitaire, puissance moyenne et kilométrage annuel moyen) qui figure dans le tableau suivant :

Tableau III - Caractéristiques actuelles et futures du parc des poids lourds.

Classe (P.T.C.A.)	Fin 1972					1985				
	Parc (10 ³)	Répar- tition %	Poids total moyen uni- taire	Puis- sance moyen- ne (ch. SAE)	Kilom- étrage annuel moyen	Parc (10 ³)	Répar- tition %	Poids total moyen uni- taire	Puis- sance moyen- ne (ch. SAE)	Kilom- étrage annuel moyen
2,5 à 6 T (1 à 3,5 CU)	585	64,5	3,8 T (1,2CU)	80	9 000	685	60	3,8 T (1,2CU)	100	9 000
6 à 15 T (3,5 à 7 CU)	155	17,0	10 T (5,5CU)	130	13 500	115	10	10 T (5,5CU)	160	13 500
15 T et plus solo	100	11,0	19 T (10CU)	230	40 000	170	15	19 T (10CU)	300	40 000
15 T et plus ensemble	70	7,5	30 T (18 CU)	290	60 000	150	15	35 T (21 CU)	350	60 000
TOTAL	910*	100	8,5 T (4,8CU)	121	17 000	1 120	100	11,3 T (6,2CU)	178	21 800

* Estimation C.S.C.A.

On constate une évolution très sensible vers les gros porteurs, de forte puissance. Le kilométrage annuel moyen toutes catégories devrait augmenter sensiblement, du fait de l'importance accrue des gros porteurs, qui effectuent souvent des transports internationaux.

2) Evolution du trafic offert

De ce tableau, on peut déduire la progression des TK offertes de 1972 à 1985 (exprimées en charge utile).

	1972	1985	Accroissement
Trafic offert (10 ⁹ TKO)	135	290	+ 115 %
Trafic demandé (10 ⁹ TK)	72	175	+ 143 %
Coefficient d'occupation	53,5 %	60,5 %	+ 12 %

L'augmentation du coefficient d'occupation traduit une amélioration de la rentabilité du secteur routier.

.../...

Cette augmentation n'aura pas d'incidence sur la puissance effective. En effet la charge moyenne unitaire passera de 2,6 T (4,8 x 0,535) à 3,75 T (6,2 x 0,605) mais le ratio charge moyenne unitaire sur puissance réelle moyenne restera de l'ordre de 21 kg de charge par ch SAE. Comme de plus une partie de la puissance réelle sert à tracter du poids mort, on voit donc que l'incidence du coefficient d'occupation sera pratiquement nulle sur la puissance et donc sur la consommation.

Une politique en matière de taxation et de contingentement visant à réduire la demande du trafic routier pourrait évidemment contenir l'expansion du trafic routier offert. Une telle politique concernerait essentiellement le secteur des gros porteurs qui concurrence le plus la voie ferrée, et limiterait l'accroissement de leur parc. Cette limitation entraînerait un report partiel sur les petits porteurs qui ont une consommation spécifique beaucoup plus élevée que les gros porteurs. On peut donc dire qu'une réduction relative du trafic offert entraînera une réduction relative plus faible de la consommation, compte tenu de la structure du parc.

3) Evolution de la consommation unitaire par véhicule.

Cette dernière provient :

- de l'accroissement de la puissance réelle du parc.
- des mesures antipollution qui seront prises.

En général, sauf peut être pour les moteurs à aspiration naturelle suralimentés, à un accroissement de puissance réelle correspond un accroissement proportionnel de la consommation.

Les mesures antipollution peuvent faire remplacer la technique de l'injection directe par celle de la chambre d'injection indirecte (pré-combustion). Des normes antifumées pourraient également apparaître.

L'ensemble de ces mesures antipollution devrait entraîner un léger accroissement de la consommation, de l'ordre de 5 %.

La consommation unitaire par véhicule augmenterait donc de 55 % dont

- 48 % dus à l'augmentation de puissance réelle
- 5 % dus aux mesures antipollution.

IV - La consommation totale

Son augmentation provient :

- de l'accroissement du parc : + 43 %
- de l'accroissement de la consommation unitaire : + 55 %
- de l'accroissement du kilométrage annuel moyen : + 28 %

.../...

L'augmentation résultante doit être en fait calculée sur la somme des consommations de chaque catégorie de poids lourds. Elle ressort, tous calculs faits, à 138 %, ce qui représente un taux d'accroissement annuel moyen de 6,9 %.

- Tableau récapitulatif 1985

consommation en MT équiv. G.O.

(taux de croissance annuel moyen)

Part du trafic * routier faible	Part du trafic routier moyenne	Part du trafic routier forte
11.7 (+ 6.2 %)	12.8 (+ 6,9 %)	13.9 (+ 7,8 %)

* (Il a été tenu compte de l'observation figurant à la fin de III 2)).

Prévision de la consommation d'énergie
de la S N C F en 1 985

Cette prévision peut être résumée dans le tableau suivant,
pour une hypothèse moyenne de trafic marchandises.

TABLEAU I

	1972	1985 hyp 1	Accroissement	1985 hyp1	Accroissement
Trafic demandé					
10 ⁹ U.K.	110	167	+ 52 %	167	+ 52 %
(dont voyageurs	(43)	(57)	(+ 33 %)	(57)	(+ 33 %)
marchandises)	(67)	(110)	(+ 65 %)	(110)	(+ 65 %)
Consommation					
(en MM équ. Kwh.)	6,45	10,1	+ 57 %	9,9	+ 54 %
Consommation					
spécifique	58,5	60,5	+ 3,5 %	59,5	+ 1,5 %
(en Wh/Uk)					

- L'hypothèse 1 suppose que la ligne nouvelle Paris-Lyon sera desservie par des rames à turbine à gaz.

- L'hypothèse 2 suppose que la ligne nouvelle Paris-Lyon sera électrifiée.

Dans les deux cas, la demande de trafic voyageurs a été supposée la même. La différence ne porte donc que sur la consommation spécifique, qui est nettement plus forte dans le cas de rames à turbine à gaz que dans le cas d'une voie électrifiée.

I) Le trafic

f) Trafic marchandises

a) trafic demandé

Le tableau I part d'une hypothèse de trafic moyen marchandises. Il a été vu dans l'annexe concernant la prévision du transport routier de charge utile supérieure à 1 T qu'on pouvait estimer le trafic moyen de la S N C F à 110 x 10⁹ TK sur un total de 400 x 10⁹ TK, ce dernier chiffre pouvant varier de 380 à 420 x 10⁹ TK.

D'autre part la part moyenne du fer, estimée à 36 % du trafic global hors oléoducs, pourrait varier entre 34,5 et 38,5 %.

Le trafic marchandises S N C F pourrait donc varier comme suit: (en 10^9 TK).

	Trafic global 380×10^9 TK	Trafic global 400×10^9 TK	Trafic global 420×10^9 TK
Part du fer 34,5 %	100	105	111
Part du fer 36 %	105	110	116
Part du fer 38,5 %	112	117	123

Il évoluerait donc dans la fourchette extrême $100 - 123 \times 10^9$ TK.

b) trafic offert

Il évoluerait comme suit (en hypothèse moyenne de trafic demandé) :

	1972	1985	Accroissement
Trafic demandé (10^9 TK)	67	110	+ 65 %
Trafic offert (10^9 TK)	106	164	+ 55 %
Coefficient d'occupation	63 %	67 %	+ 6 %

Le coefficient d'occupation augmentera sensiblement. Etant donné le fort niveau de ce coefficient en 1985, il est peu probable que des gains importants puissent encore être atteints au cas où le trafic demandé serait supérieur à celui qui est prévu. Si par contre le trafic demandé s'avère inférieur à celui qui est prévu on admettra que le coefficient se maintiendra pour préserver le gain de rentabilité. Donc on supposera que toute variation relative du trafic demandé entraînera une variation relative du même ordre sur le trafic offert et donc sur la consommation.

2) Trafic voyageurs

Son évolution peut se résumer dans le tableau suivant :

	1960	1965	1972	1985
Trafic (10 ⁹ voy. km)	32	38,3	43,0	57
Taux de croissance annuel moyen	+ 4,6 %	+ 1,65 %		+ 2,2 %

Il croîtrait donc à un rythme sensiblement équivalent à celui observé sur longue période et on n'a pas retenu de fourchette sur cette estimation.

En ce qui concerne le trafic offert on a admis que le coefficient d'occupation s'améliorerait assez fortement en 1985, en dépit de sa légère dégradation au cours des dix dernières années. En effet, la part du trafic grande ligne, dont le coefficient d'occupation est élevé, augmentera par rapport à celle du trafic omnibus.

	1960	1965	1972	1985
Trafic demandé (10 ⁹ voy. km)	32	38,3	43	57
Trafic offert (10 ⁹ places x km)	75,4	93,1	105,8	127
Coefficient	42,5 %	41 %	40,5 %	45 %

II) La consommation spécifique

Elle progresserait plus dans l'hypothèse 1 que dans l'hypothèse 2, ainsi que le montre le tableau ci-dessous.

TABLEAU II

	1972	1985 Hyp. 1	1985 Hyp. 2
Consommation spécifique la traction électrique (Wh/U.K)	57	58	59
Part de la consommation en électricité	75 %	72 %	81 %
Consommation spécifique de la traction Diesel*(Wh équ./UK)	63	67	63
Part de la consommation en gas-oil	85 %	28 %	19 %
Consommation spécifique moyenne (Wh équ./UK)	58,5	60,5	59,5

* 1Wh = 0,4 geC et 1 g G.O = 1,5 ge C.

III) Conclusion

En tenant compte des variations probables sur le trafic marchandises et sur la consommation spécifique, on pourra retenir le tableau suivant :

TABLEAU III

Consommation totale en 10^9 KWh équiv.
(Taux de croissance annuel moyen sur la période 1972-1985)

	Trafic marchandises faible	Trafic marchandises moyen	Trafic marchan- dises fort
Electrification de la nouvelle ligne Paris-Lyon	9,4 (+2,9 %)	9,9 (+3,4 %)	10,7 (+ 4,0 %)
Turbine à gaz sur la nouvelle ligne Paris-Lyon	9,5 (+3,0 %)	10,1 (+3,5 %)	10,9 (+ 4,1 %)

L'AVIATION CIVILE

---oOo---

I - GENERALITES

L'aviation civile française peut se décomposer en trois types de transporteurs :

- les compagnies d'importance nationale : Air France, Air Inter, Union de Transports Aériens.
- les compagnies régionales ou de "troisième niveau";
- l'aviation générale, qui se compose de l'aviation de voyage (aviation d'affaires notamment) et de l'aviation légère et sportive.

La méthode d'évaluation des consommations de carburants sera différente pour chacun, comme il va être montré.

1.1 - Consommations spécifiques

La formule générale de consommation de carburant à l'heure de vol, pour un avion de poids P (poids sans carburant), de vitesse de croisière V, sur une étape de longueur d, est, en approximation linéaire sur d :

$$C = P \cdot \frac{cs}{f} \left(1,03 + \frac{0,6 \times cs}{V \cdot f} \cdot d \right)$$

Où cs est la consommation spécifique en kg par heure par kg de poussée, de l'ordre de 1,

et f la finesse de l'avion, quotient du poids de l'avion par la traînée aérodynamique, de l'ordre de 15.

Le temps de vol lui-même se compose du temps de croisière, égal à $\frac{d}{V}$, et des temps morts au départ et à l'arrivée, de l'ordre d'une demi-heure.

La consommation kilométrique s'écrit donc :

$$C = P \frac{cs}{f} \frac{1}{d} \left(0,5 + \frac{d}{V} \right) \left(1,03 + \frac{0,6 \times cs}{V \cdot f} \cdot d \right)$$

soit :

$$C = P \frac{cs}{f} \left(\frac{0,515}{d} + \frac{1,03}{V} + \frac{0,5 \times 0,6 \times cs}{V \times f} + \frac{0,6 \times cs}{V^2 \times f} \cdot d \right)$$

.../

A titre d'exemple, pour $V = 800 \text{ km/h}$, $cs = 1$ et $f = 15$, on a, à une constante multiplicative près :

$$C = \frac{0,515}{d} + 1,313 \times 10^{-3} + 0,0625 \times 10^{-6} d$$

Elle décroît jusqu'à 2 900 km et croît ensuite :

d (km) !	500 !	1 500 !	2 900 !	4 000 !	6 000
(0)	! 1,421	! 1,047	! 1	! 1,012	! 1,061

On voit donc que la loi de variation de la consommation spécifique en fonction de la distance n'est pas simple et qu'il est donc difficile d'en déduire la consommation totale d'un réseau comportant des étapes variées.

1.2 - Consommation globale

Pour évaluer la consommation globale d'une compagnie aérienne, la formule ci-dessus est inapplicable, tous les paramètres variant simultanément : les types d'avions, la longueur moyenne d'étape et la consommation spécifique varient d'une ligne à l'autre et au cours du temps.

La formule permet cependant de prévoir l'évolution de la consommation à la tonne kilométrique offerte.

En effet, le poids P est approximativement proportionnel à la charge marchande offerte, et le temps de vol, à la longueur d'étape dans un intervalle de longueurs restreint. Le produit des deux est donc à peu près proportionnel au tonnage kilométrique offert dans un domaine de variations limité.

Donc, si l'on décompose l'activité des compagnies selon le type de réseau, un chiffre de consommation spécifique à la tonne kilométrique offerte ou transportée peut avoir un sens à un instant donné.

1.3 - Le découpage des réseaux

Le découpage que nous avons choisi est le suivant .

- Pour les grandes compagnies, qui exploitent en majorité des avions à réaction, le découpage en court-moyen-courrier (moins de 3 000 km) et long-courrier.

On trouve dans la première catégorie Air France et Air Inter, et dans la seconde Air France et U.T.A.

Le carburant utilisé est le kérosène.

- Les compagnies régionales, qui exploitent essentiellement des avions à piston et turbopropulseurs. Le carburant utilisé est à 90 % du kérosène.

- L'aviation générale, qui utilise des petits avions à piston.

.../

Le type de carburant utilisé ayant peu d'importance au point de vue énergétique, nous ne ferons pas de distinction dans la suite.

2 - LES RESEAUX COURT-MOYEN-COURRIER

La longueur moyenne d'étape fait varier très sensiblement la consommation de carburant sur des étapes moyennes, essentiellement à cause du fait que la partie fixe du temps de vol (temps mort) n'est pas faible devant la partie variable : à titre d'exemple, il faut 1 heure pour faire 400 km, et 2 heures pour faire 1 200 km, avec les avions d'Air France, ce qui donne un rapport analogue entre les consommations kilométriques.

Les étapes d'Air Inter étant plus courtes, et ses avions plus petits que ceux d'Air France, nous avons donc distingué les deux réseaux.

2.1 - Air Inter

2.1.1. - D'après nos statistiques, Air Inter aurait consommé en 1970, 130 000 tonnes de carburant, offrant 186 millions de tonnes-kilomètres avec un coefficient de remplissage de 59 %.

Sa consommation unitaire a donc été de 0,7 kg par tonne kilométrique offerte (T.K.O.) et de 1,19 kg par tonne kilométrique transportée (T.K.T.).

Rappelons que l'équivalence massique du passager est de 90 kg, bagages compris.

2.1.2. - Prévisions pour 1985

La disparition progressive des petits avions aurait tendance à accroître la consommation unitaire de la flotte. Mais sa modernisation (Mercure, Airbus) a une tendance inverse. On peut admettre que, les deux effets s'annulant, la consommation unitaire restera égale à 0,7.

Le coefficient de remplissage devrait, lui, rester stable (59 %). Enfin, le trafic, d'après nos études, devrait augmenter de 15 % par an jusqu'en 1975, puis de 10 % par an jusqu'en 1985 : ceci donne un coefficient d'accroissement de 5,2.

On obtient donc les résultats suivants :

T.K.O. = 967 millions

Consommation unitaire = 0,7 kg/T.K.O.

Consommation = 686 000 tonnes

2.2 - Air France réseau moyen courrier

2.2.1. - En 1970, nous estimons à 380 000 tonnes la consommation de carburant pour ce réseau qui a produit 754 millions de T.K.O., avec un coefficient de remplissage de 54 %.

Sa consommation unitaire a donc été de 0,5 kg/T.K.O. et de 0,92 kg/T.K.T.

.../

On constate qu'effectivement Air France consomme moins qu'Air Inter, à cause de ses étapes plus longues et de ses avions en moyenne plus rapides.

2.2.2. - Prévisions pour 1985

L'apparition des nouveaux avions (Mercure, Airbus) devrait faire baisser la consommation unitaire dans un rapport de 0,8.

Le coefficient de remplissage devrait, lui, rester stable (54%). Enfin, le trafic, d'après nos estimations et celles d'Air France, devrait augmenter d'environ 10 % par an jusqu'en 1985 : ceci donnerait un coefficient d'accroissement de 4,2.

On obtient donc les résultats suivants :

T.K.O. = 3 170 millions

Consommation unitaire = 0,4 kg/T.K.O.

Consommation = 1 270 000 tonnes

3 - LES RESEAUX LONG-COURRIER

3.1 - Air France, réseau long courrier

3.1.1. - D'après nos estimations, ce réseau aurait consommé, en 1970, 920 000 tonnes de carburant, et produit 1 800 millions de T.K.O., avec un coefficient de remplissage de 54 %.

Sa consommation unitaire a donc été de 0,5 kg/T.K.O. et de 0,92 kg/T.K.T.

3.1.2. - Prévisions pour 1985

Les consommations spécifiques devraient baisser de 10 %, compte tenu du progrès technique.

Le coefficient de remplissage devrait rester constant (54 %).

Le trafic devrait augmenter de 15 % par an jusqu'en 1975, et de 10 % par an jusqu'en 1985 : ceci donnerait un coefficient d'accroissement de 5,2.

On en tire les résultats suivants :

T.K.O. = 9 350 millions

Consommation unitaire = 0,45 kg/T.K.O.

Consommation = 4 230 000 tonnes

.../

3.2 - U.T.A.

3.2.1. - D'après nos statistiques U.T.A. a consommé, en 1970, 246 000 tonnes de carburant, et a produit 545 millions de T.K.O., avec un coefficient de remplissage de 57 %.

Sa consommation unitaire a donc été de 0,45 kg/T.K.O. et de 0,79 kg/T.K.O.

Ces chiffres, plus faibles que ceux d'Air France, s'expliquent par le fait que la flotte d'U.T.A. est adaptée à des étapes moyennes plus longues.

3.2.2. - Prévisions pour 1985

Compte tenu de l'introduction de gros porteurs, on peut estimer qu'en 1985, la consommation unitaire d'U.T.A. aura rejoint celle d'Air France (long courrier). Elle ne changera donc pas par rapport à 1970.

Son coefficient de remplissage devrait, lui, rester constant (57 %).

Son trafic devrait évoluer comme celui d'Air France (long courrier) : il devrait être multiplié par 5,2.

On obtient donc les résultats suivants :

T.K.O. = 2 830 millions

Consommation unitaire = 0,45 kg/T.K.O.

Consommation : 1 260 000 tonnes

4 - LE TROISIEME NIVEAU

Le manque de fiabilité des statistiques rend la précision illusoire. Toutefois, l'on sait que cette activité consommait en 1970 environ 26 000 tonnes de carburant, soit 20 % de la consommation d'Air Inter. Le trafic représentait un volume d'environ 37 M. T.K.O., soit également 20 % de celui d'Air Inter.

La consommation unitaire était donc également de 0,7.

Nos dernières études montrent que cette activité est en pleine expansion : dès 1980, son trafic atteindrait 300 % de celui d'Air Inter, cette proportion restant stable par la suite. Nous ferons l'hypothèse que la consommation unitaire sera inchangée. Dans ces conditions, on peut prévoir pour 1985 un trafic de 300 millions de T.K.O. et une consommation totale de 206 000 tonnes de carburant.

5 - L'AVIATION GENERALE

Nous sommes partis, cette fois-ci, pour les évaluations et prévisions, du nombre total d'heures de vol réalisées, seule statistique disponible. Elle reflète assez bien, d'ailleurs, le volume d'activité de cette catégorie, et elle est sensiblement proportionnelle à la consommation de carburant sauf pour l'aviation de voyage, qui utilise de plus en plus des avions à réaction, mais il s'agit là d'un volume assez faible par rapport au total.

.../

Nous estimons la consommation à l'heure de vol à 32 kg/h, ce qui donne la consommation globale : 22 750 tonnes de carburant pour 711 000 heures de vol. Pour 1985, en extrapolant les tendances passées (+ 8 % par an), on obtient une consommation de 72 000 tonnes..

6 - TABLEAUX RECAPITULATIFS

Volume d'activité des réseaux et consommations de carburant, en 1970.

Réseaux	T.K.O. (millions)	Consommation unitaire (kg/T.K.O.)	Consommation totale (tonnes)
Air Inter	186	0,7	130 000
Air France (MC)	754	0,5	380 000
Air France (LC)	1 800	0,5	920 000
U.T.A.	545	0,45	246 000
3ème niveau	37	0,7	25 360
Aviation générale	7 110 h.	32 kg/h	22 750
T O T A L :			1 724 000

Volume d'activité des réseaux et consommations de carburant, en 1985.

Réseaux	T.K.O. (millions)	Consommation unitaire (kg/T.K.O.)	Consommation totale (tonnes)
Air Inter	967	0,7	686 000
Air France (MC)	3 170	0,4	1 270 000
Air France (LC)	9 350	0,45	4 230 000
U.T.A.	2 830	0,45	1 260 000
3ème niveau	300	0,7	206 000
Aviation générale	2250 000 h.	32 kg/h	72 000
T O T A L :			7 724 000

.../

7 - SYNTHESE

Le total des compagnies françaises offrait en 1970, 3 320 millions de tonnes-kilomètres, et consommait 1,738 millions de tonnes de carburant.

En 1985, elles offriraient 16 617 millions de tonnes-kilomètres, et consommeraient 7,724 millions de tonnes de carburant.

Leur consommation unitaire aura baissé de 0,52 à 0,46 kg/TKD, soit de 11,5 %, grâce au progrès technique.

Quant à la consommation totale aéronautique de pétrole sur le territoire, elle n'était que de 1,544 millions de tonnes en 1970 : les compagnies françaises prenaient une part plus grande de leur carburant, à l'étranger, que les compagnies étrangères en France. A cela, deux causes : le prix du carburant d'une part, la structure des réseaux aériens, d'autre part. En effet, sur des vols long-courriers à plusieurs escales, il est souvent impossible, pour des raisons de capacité d'emport, de prendre la moitié du carburant nécessaire à l'ensemble du vol, en France. Nous estimons que cette contrainte naturelle explique environ la moitié des 12 % d'écart entre les deux chiffres.

Pour la prévision 1985, ne connaissant pas l'évolution des prix de carburant, nous pouvons donner une fourchette : au mieux, c'est-à-dire si les prix du carburant sont homogènes entre les pays, la consommation totale serait inférieure de 6 % au chiffre avancé; au pire, elle serait inférieure de 12 % à ce chiffre.

Enfin pour tenir compte des aléas de la prévision nous ajouterons à ces marges, une marge de 10 % dans chaque sens aux bornes de la fourchette.

La fourchette finale serait donc de : 6,3 à 8 MT.

TABLEAUX DE SYNTHESE

I - Consommation de carburéacteur et essence aviation (en MT)

Hypothèse moyenne

	Aviation Française			Aviation Etrangère		Total
	Consommation en France	Consommation à l'étranger	TOTAL	Consommation en France	Consommation Française	
1970	0,951	0,773	1,724	0,593	1,544	
1985	4,34	3,38	7,72	2,76	7,10	

.../

II - Consommation Française en MF (taux de croissance annuel moyen sur la période 1970-1985.)

	Déficit des échanges extérieurs faible	Déficit des échanges extérieurs moyen	Déficit des échanges extérieurs fort
Parc et trafic forts	8,0 (11,6 %)	7,7 (+ 11,3 %)	7,6 (+ 11,2 %)
Parc et trafic moyens	7,3 (+ 10,9 %)	7,1 (+ 10,7 %)	6,9 (+ 10,5 %)
Parc et trafic faibles	6,65(+ 10,2 %)	6,45(+ 10 %)	6,3 (+ 9,8 %)

Le 29.11.1973

ANNEXE XLa Navigation fluviale en 1985

Tableau synthétique

	1972	1985	Accroissement
Trafic demandé (10 ⁹ TK)	14,2	20	+ 41 %
Consommation (KT)	225	320	+ 42 %
Consommation spécifique (g/TK)	15,9	16	-

1) Le trafica) le trafic demandé

Son évolution peut être retracée dans le tableau suivant :

	1955	1960	1965	1972	1985
Trafic (10 ⁹ TK)	8,9	10,8	12,5	14,2	20
Taux de croissance annuel moyen		4%	3%	1,8%	2,7%

La croissance de 1972 à 1985 sera plus forte qu'au cours des dernières années en raison de l'agrandissement prévu des voies navigables existantes et l'aménagement de nouvelles voies.

./.

b) le trafic offert

Il devrait suivre l'évolution du trafic demandé.

	1972	1985
Trafic demandé (10 ⁹ TK)	14,2	20
Trafic offert (10 ⁹ TK)	25	35

Le coefficient d'occupation devrait rester stable, autour de 57 %, à la différence des autres modes de transport des marchandises (fer et route).

En effet, actuellement les bateaux chargent presque à la limite de leur capacité. Une amélioration du coefficient d'occupation ne pourrait donc concerner que la diminution du taux de retour à vide. Or

- le trafic des hydrocarbures continuera à se faire à pratiquement 100 % de retour à vide, car le lavage des citernes n'est pas envisagé. Ce trafic représente 20 % du trafic total des chalands.
- le trafic des sables et graviers qui représente environ la moitié du trafic, aura également, étant donné son caractère très spécifique, un très fort taux de retour à vide.

Il est donc probable que le taux de retour à vide n'évoluera pas à l'avenir.

2) La consommation spécifique

Elle devrait se stabiliser à son niveau actuel, de l'ordre de 16 g/TK, sous l'effet de deux tendances antagonistes :

- d'une part l'importance accrue des convois poussés se traduira par une augmentation de la consommation spécifique (surpuissance et vitesse accrue)
- d'autre part l'extension des voies à grand gabarit, qui comportent moins d'écluses que les voies à petit gabarit, entraînera une diminution de la consommation spécifique du fait de la réduction des temps d'attente.

La consommation totale passerait ainsi de 225 KT en 1972 à 320 KT en 1985, ce qui représente un taux d'accroissement annuel moyen de + 2,7 %.

La Marine Marchande en 1985

A la différence de la plupart des autres modes de transport qui sont analysés dans ce rapport, on ne dispose que depuis 1966 de statistiques de trafic kilométrique du commerce extérieur de la FRANCE par voie maritime transitant par les ports français. On connaît par ailleurs les quantités livrées de produits pétroliers de soute dans ces mêmes ports.

La prévision établie dans cette annexe s'appuie sur une prévision du trafic commercial total dans les ports français et du ratio avitaillement sur trafic.

I.- Le trafic commercial des ports français

L'évolution passée et prévisible de ce trafic est retracée dans le tableau suivant :

MT : millions de tonnes

TK : tonnes kilomètres

		1955	1960	1965		1966	1971	1985
Trafic pétrolier	Taux de croissance annuel moyen en (MT)	35,4	46,5	100,6	Taux de croissance annuel moyen en TK X 10 ⁹	360	1300	2800
			+ 5,6 %	+ 17 %			30 %	6,2 %
Trafic autre	Taux de croissance annuel moyen en (MT)	33	37,5	47	Taux de croissance annuel moyen en TK X 10 ⁹	235	350	700
			+ 2,6 %	+ 4,6 %			10 %	5,5 %
Trafic commercial total	Taux de croissance annuel moyen en (MT)	68,4	84,0	147,6	Taux de croissance annuel moyen en TK X 10 ⁹	600	1650	3500
			+ 4,2 %	+ 12 %			25 %	6 %

.../...

Le taux de croissance du trafic pétrolier a été exceptionnel de 1960 à 1970 en raison de l'éloignement croissant des sources d'approvisionnement. La progression de ce trafic devant s'infléchir au cours des prochaines années et croître à un rythme annuel voisin de 6 %. Quant au trafic des autres marchandises, il devait retrouver un taux de croissance de 5,5 % par an.

L'évolution de la part du trafic pétrolier dans le trafic total serait donc la suivante :

	1955	1960	1965	1966	1971	1985
en MT	52 %	55 %	58 %			
en TK				60 %	79 %	80 %

Cette part devrait donc se stabiliser légèrement au-dessus du niveau actuel.

II - L'avitaillement

L'avitaillement des navires a progressé comme suit :

	1955	1960	1965	1966	1971
Avitaillement (en MT)	1.76	1.78	2.14	22	4.5
Trafic (en MT)	68.4	84.0	147.6		
Trafic (en TK)				$600 \cdot 10^9$	$1650 \cdot 10^9$
Avitaillement Trafic (en %)	2.57 %	2.12 %	1.45 %	$0,37 \cdot 10^{-5}$	$0,27 \cdot 10^{-5}$

.../...

On constate en fait, en examinant la série chronologique complète, que le ratio avitaillement/trafic a diminué de façon assez régulière de 1955 à 1966 et de manière spectaculaire de 1966 à 1971.

Cette tendance se prolongera jusqu'en 1980, puis on devrait connaître une stabilisation.

Il est certain que le développement rapide du trafic pétrolier effectué par des tankers dont la taille a accru plus rapidement que la puissance propulsive explique la baisse du ratio au cours de la décennie.

A l'avenir, ce ratio pourrait encore diminuer légèrement avec la disparition des petites unités, toutes choses restant égales par ailleurs. Au cas où le prix de soute français s'établirait à un niveau inférieur à celui des ports étrangers, ce ratio pourrait croître légèrement.

On pourrait donc envisager l'évolution suivante :

	1971	1985 faible	1985 fort
Avitaillement (MT)	4.5	9.0	11.0
Trafic (TK)	$1650 \cdot 10^9$	$3500 \cdot 10^9$	$3500 \cdot 10^9$
Avitaillement sur trafic	$0,27 \cdot 10^{-5}$	$0,25 \cdot 10^{-5}$	$0,30 \cdot 10^{-5}$

N. B. - Le trafic voyageurs n'a pas été individualisé dans cette étude, l'incidence de son évolution étant tout à fait négligeable sur les avitaillements.

" COMPLEMENT A L'ANNEXE XI MARINE MARCHANDE"

Les consommations spécifiques sont des moyennes : des écarts importants peuvent être mis en évidence suivant les types de trafic envisagés. Les exemples suivants sont significatifs de cet état de fait.

POUR UN PETROLIER DE 200 000 TDW

équipé d'un moteur de 31 000 ch le propulsant à 16 noeuds et parcourant 40 000 km par rotation avec une consommation totale de 10 000 tonnes de fuel, la consommation spécifique est de $0,125 \cdot 10^{-5}$ tonne/tonne-kilomètre.

POUR UN CARGOT CLASSIQUE DE 10 000 TJB

soit 6 700 tdw, avec un coefficient de remplissage de 90 % équipé d'un moteur de 12 000 ch le propulsant à 18 noeuds et parcourant 10 000 km avec une consommation de 550 tonnes de fuel, la consommation spécifique est de $0,9 \cdot 10^{-5}$ tonne/tonne-kilomètre.

POUR UN PORTE-CONTENEUR DE 4 000 CONTENEURS

de 20 pieds, soit 35 000 tdw, avec un coefficient de remplissage de 80 %, équipé d'un moteur de 77 000 ch le propulsant à 26 noeuds et parcourant 26 000 km avec une consommation de 10 000 tonnes de fuel, la consommation spécifique est de $1,4 \cdot 10^{-5}$ tonne/tonne-kilomètre.

A N N E X E X L I I

LE VEHICULE ELECTRIQUE :
PERSPECTIVE D'AVENIR ET CONSOMMATION SPECIFIQUE

I.- DIVERSES CATEGORIES DE VEHICULES ELECTRIQUES ENVISAGES - PERSPECTIVES D'AVENIR.

1-1. Les véhicules électriques peuvent être rangés en cinq classes ou créneaux :

1 - Classe A : véhicules pour zones réservées à faible vitesse : 30 km/h et faible autonomie : 30 à 40 km.

Ces véhicules de petites dimensions seront destinés aussi bien au déplacement des personnes (résidences, aéroports, parcs publics) qu'à la traction d'unités de nettoyage et d'entretien, de wagonnets pour le transport de marchandises dans les usines, entrepôts, supermarchés, etc.

2 - Classe B : véhicules de déplacement urbain pour une ou deux personnes avec petits bagages. Ces véhicules doivent pouvoir rouler à 60 km/h avec des pointes à 80 km/h et posséder une autonomie de 60 à 100 km.

3 - Classe C : véhicules commerciaux de service ou de petite livraison à 2 places pouvant accepter de 200 à 350 kg de charge utile avec des vitesses maximales de 60 à 80 km/h et une autonomie de 60 à 100 km.

4 - Classe D : fourgonnettes de livraison urbaine de 800 à 1200 kg de charge utile ou microbus de 8 à 12 places.

5 - Classe E : véhicules lourds de 2 à 4 tonnes de charge utile ou minibus de transport urbain de 20 à 50 places.

Les performances requises sont les mêmes que pour les classes B et C avec toutefois une autonomie plus élevée.

1-2. Perspectives d'avenir :

a) Classe A :

C'est certainement le seul domaine où le véhicule électrique a percé jusqu'à maintenant. Il s'impose dans le cas d'une utilisation à l'intérieur de bâtiments par sa pollution nulle. Cependant, le parc potentiel est très limité ; certaines firmes l'ont fixé à 1000 ou 2000 véhicules/an pour la France.

b) Classe B :

C'est dans ce domaine que la concurrence des véhicules thermiques est la plus forte, mais en revanche le nombre de véhicules vendus annuellement est très important.

Compte tenu du prix, des performances et des sujétions de charge, ce marché paraît difficile à conquérir à l'heure actuelle. Certains pensent que ce marché se limiterait, dans le contexte actuel, à celui de la troisième voiture de ménage possédant une place de stationnement réservée.

Cependant, la création d'une catégorie de véhicules spécifiquement urbains, dont le cahier des charges imposerait entre autres une vitesse maximale, une accélération minimale et une pollution à un niveau donné très bas, favoriserait le développement du véhicule électrique.

A ce jour, en France, aucun résultat d'étude de marché n'est connu. On peut citer une étude de marché Américaine basée sur une méthode de substitution par comparaison analytique des caractéristiques des véhicules électriques d'une part, et des modes d'utilisation des véhicules équipés de moteur à combustion interne d'autre part. Le parc potentiel des véhicules électriques (voitures de tourisme) a été évalué entre 0,6 et 23 % du parc total. Le chiffre supérieur correspond à une voiture électrique pouvant transporter 5 personnes et une charge utile supplémentaire de 90 kg, ayant une vitesse maximale de 120 km/h et un rayon d'action de 96 km. Les performances de ce véhicule sont trop ambitieuses et en conséquence la fourchette doit être notablement réduite.

En France, une étude du marché du véhicule électrique urbain sera faite par le moyen d'une étude paramétrique sur le véhicule urbain, menée par l'I.R.T. avec le concours de la Régie-Renault. Les résultats finaux de cette étude ne seront pas connus avant fin 1974. Les paramètres pris en compte sont :

- le nombre de places assises : 1, 2, 3, 4 et 5,
- la vitesse maximale en section horizontale : 60, 80 et 110 km/h,
- l'accélération au démarrage,
- l'autonomie.

Dans cette étude, la taille du marché sera examinée en liaison avec les avantages pour la collectivité : réduction du bruit, de la pollution, gain en circulation, gain en coût de stationnement....

En outre, cette étude qui s'appuiera sur l'enquête d'I N S E E 1973 prendra en compte l'objet du déplacement des conducteurs ainsi que divers facteurs d'ordre sociologique.

Une fois évalué le marché du véhicule spécifiquement urbain, il restera à en attribuer la part revenant au véhicule électrique.

Il est intéressant de noter que la chambre syndicale des Constructeurs d'Automobiles a estimé en 1975 que 15 % du parc automobile non utilitaire sera constitué par la deuxième voiture des ménages et que la proportion de ces voitures pouvant être classées parmi les petits véhicules serait voisine de la moitié. En l'absence de toute étude de marché, ceci peut donner une limite supérieure du marché des véhicules électriques dans le court terme.

c) Classe C :

C'est un des deux créneaux de développement choisi par E D F, car il constitue le créneau actuellement le plus favorable au véhicule électrique.

Le marché de ces véhicules représente, pour les seuls usages des P et T et d'E D F, une possibilité d'emploi de 20 à 30 000 véhicules.

d) Classe D :

Dans cette gamme, il existe de nombreux types de véhicules thermiques et de ce fait la concurrence est très vive. Il y a peu de réalisations françaises dans cette classe.

Le Service Régional de l'Équipement a lancé un appel d'offre pour une étude du marché du véhicule électrique utilitaire (classes C et D).

En Allemagne, l'ambitieux programme de développement, patronné par la R W E, porte sur la construction et la mise en service d'un million de camionnettes de livraison entre les années 1975 et 1985. Pour comparaison, il faut préciser qu'en France, les véhicules utilitaires de moins de 1 tonne de charge utile étaient au nombre de 970 000 en 1971.

e) Classe E :

C'est un domaine où la concurrence est très vive.

Dans ce créneau, E D F a développé, avec SOVEL, un minibus (50 places) de transport en commun.

Les principaux atouts du véhicule électrique sont une robustesse et une longévité plus grande, une disponibilité plus grande, un prix d'entretien bien moindre et surtout un prix de l'énergie bien inférieur ($\approx 0,2$ kWh/t/km).

Dans le court terme, on peut envisager le remplacement de véhicules de transport en commun par des véhicules électriques dans le cas particulier de lignes courtes (navettes, lignes de rabattement sur une gare de transport ferré,

desserte interne d'un quartier...). Les villes nouvelles constituent un marché accessible à l'autobus électrique. Des lignes expérimentales y ont d'ailleurs été créées sur lesquelles les minibus SOVEL - E D F ont été utilisés à la satisfaction des usagers et des exploitants. Dix à quinze minibus pourraient être utilisés dans chacune des villes nouvelles de la Région Parisienne.

D'autres utilisations sont envisagées : ramassage scolaire, transport de personnes, visites touristiques, mais le volume du marché de ce type de véhicules n'a pas été évalué jusqu'à présent.

II.- CONSOUMATIONS SPECIFIQUES DES VEHICULES ELECTRIQUES - BILAN ENERGETIQUE

2-1. Il faut tout d'abord noter que la consommation au km d'un véhicule électrique dépend :

- a) - du type de circulation : nombre d'arrêts, accélérations, etc. ;
- b) - du profil ;
- c) - du mode de conduite ;
- d) - du taux de décharge de la batterie. En effet, plus la batterie est déchargée (taux de décharge élevé), plus le coefficient de charge (inverse du rendement de la batterie), qui représente le quotient entre les ampères-heures absorbés et ceux fournis par la batterie, est faible ; ce facteur est très sensible si le taux de décharge de la batterie est inférieur à 50 %.
- e) - du rendement des divers constituants du véhicule.

Les facteurs a, b, c et e ont une influence plus grande sur les performances du véhicule électrique que sur celles du véhicule thermique, car la capacité d'une batterie est une fonction décroissante de l'intensité moyenne débitée.

2-2. Des expérimentations de véhicules électriques type 4 L (catégorie c, PTC 1 250 kg) sont en cours à PARIS même, dans la proche banlieue (LA COURNEUVE) ainsi qu'à VERSAILLES et la ville nouvelle de MELUN-SENART.

Actuellement, 40 véhicules circulent et pour certains depuis 4 mois.

Les premiers résultats obtenus permettent de donner pour diverses utilisations, une première estimation de la consommation de ce type de véhicule avec une décharge de batterie de plus de 60 % :

- utilisation ville-route avec 1 arrêt tous les 1 000 m en moyenne :
0,30 kWh/km,
- utilisation VERSAILLES avec 1 arrêt tous les 500 m en moyenne :
0,35 kWh/km,
- utilisation PARIS avec 1 arrêt tous les 250 m en moyenne : 0,5 kWh/km.

La consommation sur sol plat à vitesse maximale (60 km/h) et sans arrêt est voisine de 0,2 kWh/km.

L'expérience portant sur un nombre limité de véhicules et surtout sur un kilométrage encore relativement faible, les chiffres précisés ci-dessus sont donnés à titre indicatif et devront être confirmés par les expériences en cours.

De plus, les véhicules expérimentés, qui sont essentiellement des plateformes d'essais, ne sont pas des véhicules conçus spécifiquement électriques puisqu'ils utilisent le châssis du véhicule thermique R. 4, et en conséquence, des améliorations de consommation peuvent être espérées par des études de conception.

Il faut également préciser que ces véhicules ne sont pas équipés d'un dispositif de récupération d'énergie, dispositif qui devrait permettre de réduire la consommation de 10 % environ d'après des études Américaines.

Les Anglais, dans une étude comparative des coûts de véhicules électrique et thermique, adoptent, pour des véhicules de 1 016 à 1 270 kg de PTC (comparables à nos R.4), une consommation de 0,62 kWh/km. La consommation d'essence correspondante est de 0,19 litre/km, ce qui correspond à une utilisation urbaine avec arrêts très fréquents.

2-3. Lors des expérimentations de minibus SOVEL dans les villes nouvelles d'EVRY et de SAINT QUENTIN-EN-YVELINES, des relevés de consommation ont été effectués. La consommation spécifique a été de :

- 2 kWh/km à EVRY

- et 1,75 kWh/km à SAINT QUENTIN-EN-YVELINES,

ce qui donne : ~ 0,2 kWh/km et par tonne.

Bilan énergétique - comparaison avec le véhicule thermique :

Pour effectuer le bilan énergétique, nous avons adopté, pour la centrale, une consommation spécifique de 2,43 thermies/kWh qui est la valeur donnée par E D F dans le bilan 1972 de la production et de la consommation d'énergie électrique.

Utilisation	Véhicule électrique de présérie R.4		Véhicule thermique R.4	
	Nombre kWh/km	g fuel/km	1/100 km	g/km
PARIS	0,5	110	14	112
VERSAILLES	0,35	77	10	80
RURALE	< 0,3	< 66	8,5	68

La comparaison pour trois types différents d'utilisation montre qu'il est plus rentable du point de vue de la consommation de transformer le fuel pour produire de l'énergie électrique, puis d'utiliser celle-ci pour produire du travail.

On peut penser, qu'à l'avenir, l'écart aille en augmentant car, alors qu'il n'y a plus de grandes améliorations techniques à attendre du moteur à explosion, il n'en est pas de même pour la propulsion électrique. De plus, l'utilisation plus rationnelle du véhicule électrique (par. 2-1- d) devrait réduire sa consommation. Enfin, des progrès peuvent être obtenus dans les techniques de recharge pour améliorer le rendement.

Nous donnons également, ci-dessous, les valeurs relevées dans une étude anglaise de comparaison des coûts entre les véhicules thermique, électrique et diesel, pour une gamme de véhicules de 1 016 à 1 270 kg :

- Consommation spécifique :
 - véhicule électrique : 0,62 kWh/km
 - véhicule à essence : 19,5 litres/100 km
 - véhicule diesel : 14 litres/100 km.

Enfin, dans un document américain portant sur la pollution et l'environnement, une comparaison est effectuée entre le rendement global de conversion d'énergie du véhicule thermique et celui du véhicule électrique. Le bilan établi, donné en annexe 1, est légèrement en faveur du véhicule électrique.

III.- HORIZON 1985.

Aucune étude de marché du véhicule électrique existant à ce jour, il est difficile de prévoir le développement de celui-ci. Ce développement est lié en particulier :

- au taux de multimotorisation ;
- au pourcentage des ménages vivant en ville ;
- aux problèmes d'environnement : encombrement des chaussées
 - nuisances de nature atmosphérique
 - bruit

(des normes très sévères sur les derniers points favoriseraient le véhicule électrique) ;

- à la création d'un cahier des charges pour un véhicule spécifiquement urbain.

Le développement du véhicule électrique dépend donc essentiellement de la politique des Pouvoirs Publics.

.../

Une estimation supérieure du nombre des véhicules de la classe B (véhicules urbains) pourrait être recherchée en évaluant le pourcentage du parc automobile non utilitaire qui sera constitué par la deuxième voiture du ménage et de voir la proportion de ces voitures pouvant être classées parmi les petits véhicules à usage urbain (de puissance inférieure à 5 - 6 CV) et qui seraient directement remplaçables par des véhicules électriques disponibles sur le marché.

Pour les véhicules utilitaires, il est nécessaire d'attendre l'étude de marché lancée par le Service Régional de l'Équipement.

Cependant, pour voir à l'horizon 85 l'incidence sur les consommations d'énergie d'un développement du véhicule électrique, nous pouvons prendre pour référence l'ambitieux programme de la R.W.E. qui porte sur la construction et la mise en service d'un million de camionnettes de livraison entre les années 1975 et 1985.

Avec cette hypothèse optimiste et en prenant pour consommation spécifique 0,6 kWh/km, un trajet annuel de 12 000 km, on obtient une consommation annuelle d'énergie de 7 TWh (ou $1,6 \cdot 10^6$ tonnes de fuel environ). Cette consommation est à comparer à la consommation totale française qui sera de 400 TWh. La seule consommation nécessaire à ce million de véhicules ne serait que de 1,75 % de la consommation totale à cette époque.

IV.- HORIZON 2000

A cet horizon risque d'apparaître, par suite des tensions croissantes sur l'approvisionnement en hydrocarbure, un besoin accru d'indépendance énergétique imposant comme source d'énergie le nucléaire d'où l'intérêt de la traction électrique. Ce phénomène serait encore accentué dans l'éventualité d'une pénurie de carburant.

De plus, d'ici à l'an 2000, huit Français sur dix habiteront dans les villes et devront subir les conséquences de la vie moderne parmi lesquelles l'encombrement des chaussées, les nuisances de nature atmosphérique et le bruit. Ces problèmes conduiront obligatoirement à prendre en compte d'une part les coûts sociaux des modes de transport et d'autre part à définir un véhicule spécifiquement urbain avec des exigences réglementaires sévères en matière de pollution et de bruit.

Compte tenu des points précisés ci-dessus, on pourrait envisager plusieurs scénarios à l'horizon 2000, conduisant à des insertions très différentes du véhicule électrique :

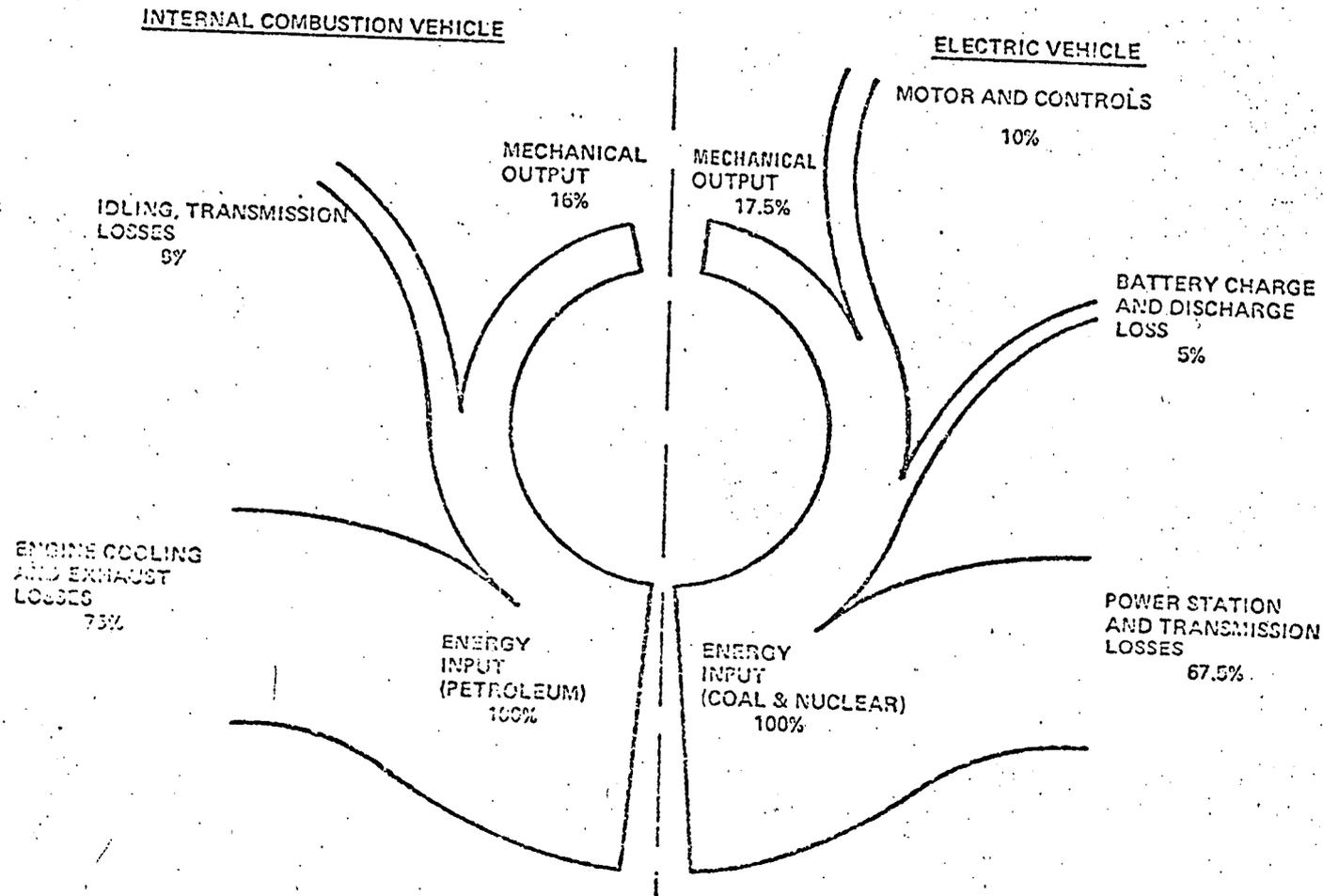
1er scénario : le véhicule électrique se développe uniquement dans le cadre du cahier des charges d'un véhicule spécifiquement urbain (imposant une vitesse maximale 60-80 km/h, une accélération minimale, un niveau de bruit et de pollution) et dont il constituera certainement la filière principale, mais avec une politique des transports favorisant les transports en commun (prise en compte des coûts sociaux des transports).

2ème scénario : le véhicule électrique se développe uniquement dans le cadre du cahier des charges d'un véhicule spécifiquement urbain mais avec une politique des transports favorisant la voiture individuelle (extrapolation des tendances actuelles).

3ème scénario : la seule source d'énergie disponible est l'électricité (d'origine nucléaire pour une grande part) et dans ce cas les véhicules sont mus par l'électricité, mais on doit se placer dans l'hypothèse d'une politique des transports favorisant les transports en commun. (En adoptant cette 3ème hypothèse, et en prenant les chiffres de 1971 pour la consommation de carburant auto, la consommation en électricité pour les seuls besoins des véhicules aurait représenté en 1971 environ 25 % de la consommation totale d'électricité).

Il faut préciser qu'en l'an 2000, la source d'énergie du véhicule électrique ne pourra plus être l'accumulateur au plomb, mais soit un accumulateur à haute énergie massique (zinc-air, sodium-soufre), soit une pile à combustible et il est impossible à l'heure actuelle de donner la consommation spécifique de véhicules équipés de ces sources.

ENERGY UTILIZATION FOR ELECTRIC
VS. I.C. ENGINE VEHICLES
FIGURE II



A N N E X E XIII

Le véhicule spécifiquement urbain

- 1) Les seuls véhicules de ce type actuellement connus sont électriques et utilisent comme stockage d'énergie des batteries au plomb.

A titre d'exemple, un véhicule spécifiquement urbain (V.S.U) électrique pèse 1250 kg en charge, le poids des batteries étant de 340 kg d'une capacité de 35 wh/kg. L'énergie disponible est de 12 kwh permettant une autonomie de 100 km à 60 km/h. Lors d'un parcours avec arrêt tous les 500 m, l'autonomie n'est plus que 60 km en première approximation.

- 2) Il est possible de concevoir un V.S.U. à moteur thermique d'un poids de 500 kg en charge, la puissance étant de 5 CV pour une vitesse de 60 km/h.

La consommation correspondante, sans arrêt sur 100 km serait de :

$5 \times 1,66 \times 736 \approx 6 \text{ km}$, soit la moitié de la puissance disponible sur un V.S.U. électrique.

Avec un rendement de 15 %, 1 litre d'essence fournit 2 kwh (1 L d'essence = 12.000 kcal = 14 kwh). Un V.S.U. thermique consommerait 3 l au 100 km.

- 3) l'énergie cinétique dissipé lors d'un freinage à 60 km/h serait de :

$$1/2 M V^2 = 0,5 \times \frac{500}{9,81} \times (16,6)^2 \approx 6850 \text{ kgm}, \text{ soit } 18,7 \text{ wh}$$

Sur 100 km, l'énergie dissipée serait de :

arrêt tous les	énergie dissipée
500 m (sur 200 arrêts)	3740 wh
400 m (sur 250 arrêts)	4650 wh
250 m (sur 400 arrêts)	7500 wh

.../...

On peut alors évaluer, par excès puisqu'on ne tient pas compte de l'économie de propulsion "sans arrêt" correspondante, la consommation maximum d'un VSU de 500 kgs sur 100 km, avec arrêts. Il suffit de supposer que toute l'énergie cinétique est détruite au freinage, puis reconstituée ce qui nécessite de doubler les valeurs ci-dessus.

Arrêts tous les	: sans arrêt	: Arrêts-redémarrages:	Total	: Litres	: %
500 m.	: 6.000 wh	: 7.480 wh.	:13.480wh	6,7	: 100
400 m.	: "	: 9.300 "	:15.300"	7,6	: 100
250 m.	: "	: 15.000 "	:21.000"	10,5	: 100
	: <u>3.1</u>				

Si on introduit la notion de véhicule hybride, susceptible de récupérer un pourcentage p. d'énergie au freinage pour la réutiliser au démarrage suivant (consommation par arrêt multipliée par 2 (1-p)), on obtient les valeurs ci-dessous, à comparer avec celles qui précèdent :

Arrêts tous les	: "sans arrêt"	: Arrêts-redémarrages:	Total	: Litres	: %
p=0,25 électrique	(500 m. : 6.000 wh	: 5.600 wh	:11.600wh	5,8	: 86,5
	(400 m. : "	: 7.000 wh	:13.000"	6,5	: 85,6
	(250 m. : "	: 11.250 "	:17.250"	8,6	: 81,9
p=0,6 hybride	(500 m. : "	: 4.500 "	:10.500"	5,2	: 77,7
	(400 m. : "	: 5.580 "	:11.580"	5,8	: 76,4
	(250 m. : "	: 9.000 "	:15.000"	7,5	: 71,4

Ces calculs nécessiteraient d'être affinés en tenant compte des transitoires et de l'économie par rapport à une propulsion "sans arrêt", réalisée pour ces arrêts. En tout cas, ils donnent des valeurs par excès et ils semblent n'avoir été réalisés jusqu'ici dans aucune société constructrice d'automobiles.

On peut toutefois en conclure qu'un VSU thermique et "hybride" consommerait en ville entre 3 et 5 litres aux 100 km. et que le bénéfice de l'hybridation est un objectif d'économie énergétique majeur. Une récupération électronique montée sur un véhicule électrique (classique par ailleurs) permettrait en effet une économie de 13 à 19 %. Une récupération par hybridation (électrique ou mécanique) devrait permettre de faire passer ce gain entre 22 et 28 %.

CHAPITRE IV

LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS

A LA FIN DU SIECLE

Tout essai d'estimation de la situation dans une trentaine d'années est, par nature, délicate ; l'évaluation de la quantité d'énergie consommée dans le secteur des transports paraît tout particulièrement incertaine à cause de très fortes indéterminations qui apparaissent sur certains points.

Toute analyse en ce domaine porte, implicitement ou explicitement, sur l'évolution :

- des quantités (de produits ou de personnes) à transporter,
- de la nature des modes de transports envisagés
- des quantités unitaires d'énergie consommée par unité transportée selon ces modes de transport.

Il s'avère pratiquement impossible de fournir, même de façon grossière, une estimation de chacun de ces éléments et d'aboutir à des résultats d'ensemble. On peut par contre présenter une suite d'éléments d'information donnant chacun un éclairage partiel du problème.

1°) - REPARTITION ENTRE LES DIFFERENTS TYPES D'ENERGIE -

Il n'y a aucun intérêt à essayer de distinguer à un horizon aussi lointain entre les différentes catégories d'hydrocarbures qui seront utilisées (essence, gas-oil, kérosène, fuel de soute, gaz). En effet, d'une part l'évolution technique des moteurs de propulsion rend cette décomposition incertaine et d'autre part seul est susceptible de nous intéresser aujourd'hui le volume total d'hydrocarbures bruts susceptible de fournir presque indifféremment l'un ou l'autre de ces produits.

Il est par contre essentiel d'estimer séparément l'énergie nucléaire qui sera utilisée avec ou sans passage par le stade de l'énergie électrique.

Or, il semble qu'il soit possible techniquement d'envisager qu'à la fin du siècle la plupart des transports maritimes et terrestres soient alimentés par l'énergie atomique, seuls les transports aériens continuant à dépendre uniquement des produits pétroliers.

Ce sont les difficultés d'approvisionnement en hydrocarbure, tant sur le plan économique - hausse des coûts - que politique - sécurité d'approvisionnement - qui détermineront en fait le partage entre le nucléaire et les hydrocarbures. (Compte-tenu bien entendu des progrès techniques qui interviendront de façon plus ou moins brutale dans les différents domaines: propulsion maritime par réacteur - accus et piles électriques, etc...)

2) - QUANTITES TRANSPORTÉES -

2 - 1 - Marchandises transportées par voie terrestre.

On constate l'existence d'une bonne corrélation au cours des 20 dernières années entre le total du trafic terrestre des marchandises et la P.I.B.. On pourrait raisonnablement supposer que cette corrélation se maintiendra d'ici la fin du siècle pour associer une estimation du volume total transporté à une hypothèse de P.I.B.

Il est toutefois certain, qu'à P.I.B. égal, ce volume variera selon l'importance relative des secteurs secondaires et tertiaires ainsi que selon la carte des implantations industrielles dans le pays.

Mais surtout cette corrélation est totalement inexistante au niveau de chaque type de transport (fer, route, voie fluviale, oléoduc). C'est ainsi que les transports par oléoducs, presque inexistants jusqu'en 1962 se sont développés à un rythme moyen proche du doublement tous les 2 ans entre 1962 et 1972 pour représenter en 1972 18 % du trafic terrestre total.

Or, la répartition entre les différents modes de transport joue un rôle essentiel tant en ce qui concerne les consommations totales d'énergie utilisées dans les transports (les consommations par t x km sont à peu près dans le rapport de 1 à 10 pour les hydrocarbures transportés par tuyau et les marchandises diverses transportées par camion) que pour l'origine de cette énergie (un développement plus important du rail correspondrait à une substitution de l'atome au pétrole).

.../...

2 - 2 - Personnes

Le trafic voyageur revêt une importance essentielle puisqu'en 1971, il est à l'origine de 62 % des consommations dans le secteur routier, 45 % dans le domaine ferroviaire et 70 % dans le domaine aérien. (Ces 3 secteurs correspondent à eux seuls actuellement de l'ordre de 80 % environ de la consommation totale d'énergie dans les transports).

La consommation d'essence des voitures particulières ne représente pas loin, à elle seule, de 40 % de ce total (transport maritime inclus).

Or, l'évolution dans ce domaine est particulièrement incertaine; il est sûr que, indépendamment de l'amélioration du niveau de vie, l'augmentation des vitesses commerciales et la réduction du nombre de jours de travail sont susceptibles d'être à l'origine d'un développement des transports (qu'il s'agisse de l'augmentation des déplacements de weekend ou de l'accroissement des distances moyennes domicile emploi).

Mais à importance égale de "km voyageurs" transportés, la répartition entre la route, la voie ferrée, et même l'aviation dépendra dans une très large mesure de la politique des pouvoirs publics. (1).

A l'intérieur du domaine ferré, le choix reste possible entre la propulsion par turbine ou la traction électrique.

Il est vraisemblable qu'apparaîtront des véhicules spécifiquement urbains soit électriques, soit thermiques, voire hybrides, dont les développements relatifs dépendront tant de considérations économiques que de la réglementation relative à l'environnement (bruit, pollution, encombrement,...).

(1) même à l'intérieur du domaine routier proprement dit on peut envisager des scénarios extrêmement différents = au prix d'un surinvestissement considérable en véhicules et en parking, on pourrait par exemple encourager la possession par les ménages d'un second véhicule spécialement adopté à la circulation en ville (qu'il soit électrique ou à essence) pour diminuer à la fois la consommation et la pollution.

Mais, même à supposer que l'on puisse faire des hypothèses raisonnables sur le développement de la voiture électrique, cela ne permettra pas de préciser la nature de l'énergie correspondante puisque la voiture à accumulateurs sera en fait propulsée par l'énergie nucléaire alors que la voiture à pile consommera une énergie chimique d'origine non encore définie (hydrogène provenant d'hydrocarbure ou eau craquée dans un réacteur à très haute température par exemple).

Il y a lieu d'observer que les énergies finalement mises en jeu pour propulser une voiture particulière sont du même ordre de grandeur et que le partage entre les différentes catégories de véhicules n'aurait pas d'influence si l'on cherchait seulement à évaluer la quantité globale d'énergie thermique utilisée.

On peut d'ailleurs noter que même à très court terme le développement de trains-autos pourrait réaliser un transfert non négligeable de la route vers le rail en ce qui concerne les voyages automobiles à longue distance.

3) TRANSPORTS MARITIMES -

Il est difficile d'estimer même à moyen terme, l'évolution des quantités de soutes enlevées dans les ports français par la navigation maritime. Seule pourrait se prêter à une étude prospective la consommation globale, à l'échelle mondiale, liée à ce mode de transport. Mais l'on doit noter que dès maintenant l'on pourrait sans doute réaliser des navires marchands à propulsion nucléaire compétitifs dans certains secteurs : pétroliers de 500.000 T de port en lourd, et porte-conteneurs rapides.

L'on peut espérer que dans les prochaines années les restrictions à l'entrée de tels navires dans les ports auront été, sinon limitées, tout au moins précisées et uniformisées.

Cela pourrait permettre le développement bien avant la fin du siècle d'une flotte au long cours nucléaire importante (1).

(1) l'âge moyen de la flotte française est nettement inférieur à 10 ans. Il suffirait donc que la propulsion nucléaire se développe de façon importante à partir de 1985 pour que la grande majorité de l'énergie consommée à la fin du siècle soit d'origine nucléaire. Toutefois, si la propulsion nucléaire est limitée aux navires fortement motorisés (de l'ordre de 80.000 CV) la consommation de produits pétroliers ne serait diminuée que de 20 % environ.

Mais l'évolution en la matière dépend moins de progrès techniques - sur lesquels on pourrait faire des hypothèses valables - que de considérations psychologiques et même diplomatiques (tonnage de la flotte actuelle est constituée pour moitié de pétroliers, ceux-ci ne pourraient être munis de moteurs nucléaires que si la législation des pays producteurs de pétrole autorisait leur accostage aux terminaux pétroliers).

4) - TRANSPORTS AERIENS -

Les consommations de ce secteur sont actuellement assez faibles mais présentent un accroissement rapide.

De plus il s'agit du secteur pour lequel les prévisions semblent le moins aléatoires pour plusieurs raisons :

- il semble exclu que d'ici l'an 2000 les moteurs utilisant sur une grande échelle autre chose que les produits pétroliers,

- l'évolution technique présente une assez forte inertie et est donc relativement facile à prévoir (on ne peut en quelques années introduire un avion "révolutionnaire"),

- le développement dans les années passées a été très régulier ce qui permet d'espérer un prolongement des tendances.

Une étude fine a montré que la consommation des compagnies françaises entre 1970 et 1995 pourrait être multipliée par un peu moins de 5. En retenant le même coefficient multiplicateur entre 1985 et 2000 on aboutirait à la fin du siècle à une valeur de 40 millions de tonnes par an.

Cette valeur peut toutefois paraître élevée si l'on remarque que ceci représenterait à peu près la consommation de cette époque des voitures particulières (en supposant qu'elles fonctionnent toutes à l'essence et que chaque véhicule roule moitié plus qu'aujourd'hui).

0

0

0