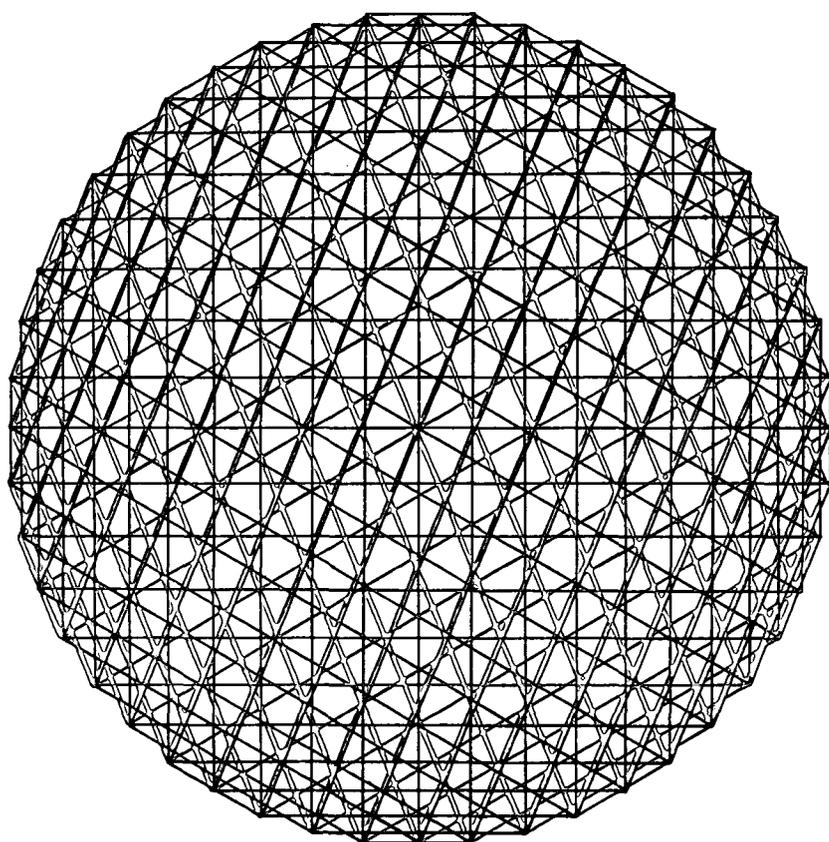


études prioritaires interministérielles

# **comment économiser l'énergie dans les transports**

par Pierre Merlin

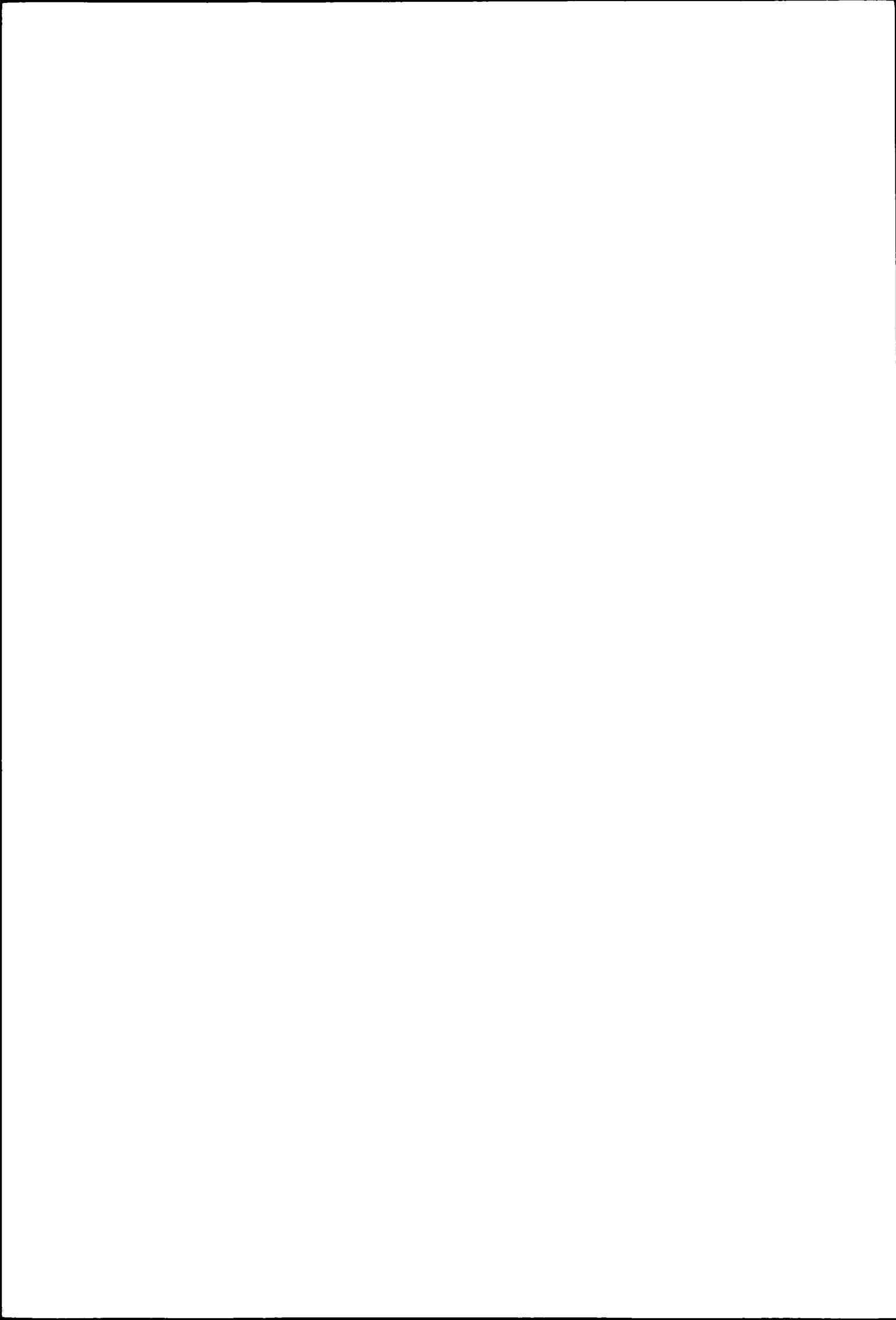
ANNEXES



**LA DOCUMENTATION FRANÇAISE**

CDAT

4398 B



ETUDE INTERMINISTERIELLE DE RATIONALISATION  
DES CHOIX BUDGETAIRES

**Comment économiser l'énergie  
dans les transports**

**Annexes**

NOVEMBRE 1977



## ANNEXE 1 : L'ÉNERGIE DANS LES TRANSPORTS

I. Généralités : Transport, énergie et balance commerciale .....	7
II. Les consommations unitaires .....	21
III. La répartition modale des transports .....	39

## ANNEXE 2 : LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LES TRANSPORTS

I. Appréciation de l'opportunité des mesures visant à économiser l'énergie ....	51
II. Information et formation des usagers de la route .....	61
III. Respect de la limitation des vitesses sur route .....	69
IV. Le marché automobile .....	77
V. L'adaptation des routes en rase campagne .....	83
VI. Les transports urbains .....	91
VII. Electrification de certaines lignes S.N.C.F. ....	103
VIII. Construction d'un navire nucléaire .....	115
IX. Les transports aériens .....	123
X. La politique d'investissement .....	133

Ont collaboré à l'élaboration de ces annexes, sous la conduite de Monsieur Pierre MERLIN, chargé de mission :

Messieurs

- BENOIT : Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat  
(Direction des Transports Terrestres)
- BERLIOZ : Ingénieur des Ponts et Chaussées  
(Direction de la Prévision)
- BLAIN : Conseiller technique  
(Délégation Générale à l'Energie)
- CITERNE : Ingénieur Economiste  
(Direction de la Prévision)
- GIRAULT : Ingénieur Economiste  
(Service des Affaires Economiques et Internationales)
- GUERIN : Ingénieur de l'Armement  
(Secrétariat Général à la Marine Marchande)
- LEMOINE : Administrateur civil  
(Direction des Routes et de la Circulation Routière)
- LETOURNEUR : Economiste  
(Service des Affaires Economiques et Internationales)
- LEWDEN : Ingénieur en Chef de l'Aviation Civile  
(Direction Générale de l'Aviation Civile)
- MASNOU : Ingénieur des Ponts et Chaussées  
(Service des Affaires Economiques et Internationales)
- MIZRAH : Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat  
(Service des Affaires Economiques et Internationales)
- RAYNALT : Ingénieur des Ponts et Chaussées  
(Direction des Transports Terrestres)
- ROCQUEMONT : Ingénieur Général du Génie Maritime  
(Secrétariat Général à la Marine Marchande)
- TOUZERY : Ingénieur des Ponts et Chaussées  
(Service des Affaires Economiques et Internationales)
- TRINQUIER : Ingénieur Civil du Génie Maritime  
(Secrétariat Général à la Marine Marchande)
- VIVIER : Ingénieur de l'Aviation Civile  
(Agence pour les Economies d'Energie)

**Annexe 1**

**L'ÉNERGIE DANS LES TRANSPORTS**



**I - Généralités :**  
**transport, énergie et balance commerciale**

## 1. LES QUANTITÉS

### 1.1. Les transports dans le bilan énergétique national

Le rapport intérimaire de la Commission de l'Energie (juillet 1975) donne le bilan énergétique simplifié de la France en 1973 en millions de tonnes d'équivalent pétrole (M.T.E.P.).

	Total combustibles	Dont produits pétroliers	Electricité		Total
			Cons.	Produite	
Consommation primaire .....	161,7	116,3	38,1	— 25,1	174,7
			} 13		
Consommation des utilisateurs finals ..	119,1	89,5	33,9	— 1,7	151,3
Dont transports ...	30,4	30,4	1,4		31,8

Il en ressort que le secteur des transports représente le tiers de la consommation pétrolière totale. On peut également constater que le secteur des transports est très dépendant du pétrole qui représente en effet plus de 95% de l'énergie consommée directement dans le secteur (et 97 à 98% si on tient compte de l'électricité provenant de centrales thermiques au fuel).

Dans le dernier rapport de la même Commission, les prévisions faites pour 1980 et 1985 sont les suivantes :

		Total combustibles	Dont produits pétroliers	Electricité		Total
				Cons.	Produite	
Consommation primaire	1980	173,7	117,2	58,9	— 28,1	205
				} 30,8		
Consommation des utilisateurs finals	1985	160	98	81,1	— 12,1	232
				} 69		
Consommation des utilisateurs finals	1980	133,7	94,1	49,4	— 2,6	181
	1985	138,8	88,3	68,3	— 2,6	207,5
Dont transports	1980	36,7	36,7	2		38,7
	1985	41,7	41,7	2,3		44

Il en résulte qu'il n'est pas envisagé de modifications importantes dans la structure de consommation du secteur des transports ; toutefois on peut constater qu'il est prévu un plus fort recours à l'électricité puisque la part de l'électricité directement utilisée évoluerait ainsi :

- 1973 : 4,4 %
- 1980 : 5,17 %
- 1985 : 5,22 %

Ainsi, pour l'avenir, le problème de l'énergie dans les transports sera vraisemblablement dominé par celui du pétrole.

L'importance du problème de l'économie d'énergie dans le transport ressort alors d'une comparaison entre le taux de croissance annuel de la consommation de produits pétroliers dans les périodes précédentes tel qu'il ressort du paragraphe suivant et celui que prévoit la Commission de l'Energie (2,7 % entre 1975 et 1985).

## 1.2. Rétrospective de la consommation de produits pétroliers dans le secteur des transports (marché intérieur + soutes depuis 1952)

Les courbes suivantes établies à partir des statistiques du Comité Professionnel du Pétrole, mettent en évidence l'évolution de la consommation du secteur des transports en produits pétroliers par rapport à la consommation totale (elles comprennent les lubrifiants et les pêches).

Les taux de croissance annuels correspondants ont été les suivants :

Consommation de produits pétroliers	1952-1962	1962-1972	1973	1974	1975	1976
Transports .....	3,7 %	8,4 %	10 %	- 2,6 %	+ 1,7 %	+ 6,8 %
Total .....	9,7 %	12,3 %	12 %	- 6,2 %	- 8,9 %	+ 8,4 %

(Source : C.P.D.P.)

La part des consommations du secteur des transports dans la consommation totale a donc évolué de la façon suivante (en pourcentage) :

1952	1957	1962	1967	1972	1973	1974	1975	1976
51,1	44,8	38,9	30,8	26,8	26,5	27,4	30,3	29,9

(Source : C.P.D.P.)

On peut déduire de ces chiffres, en accord avec les observations de la Commission de l'Energie, que les efforts pour économiser la consommation totale de produits pétroliers se sont poursuivis en 1975. Les résultats obtenus ont été amplifiés par la récession économique.

On peut constater que la consommation totale de produits pétroliers du secteur est, après un léger fléchissement en 1974, revenue en 1975 à son niveau de 1973, ce qui semblerait indiquer que les économies y sont plus difficiles à réaliser que dans les autres secteurs.



Il faut toutefois nuancer cette appréciation :

1) La réduction de la consommation totale de produits pétroliers est en partie le résultat des hivers cléments que nous venons de connaître.

2) La consommation de produits pétroliers dans les transports est, en grande partie, liée à la consommation des ménages : celle-ci a poursuivi sa croissance, à un taux modéré (2%), alors que la P.I.B. baissait en 1975 d'environ 2%.

### 1.3. Evolution de la consommation de produits pétroliers par mode de transport

Seul le Comité Professionnel du Pétrole (C.P.D.P.) fournit depuis de longues années des évaluations — avec la part d'incertitude que cette notion comporte — sur la consommation de produits pétroliers dans le secteur des transports.

#### Rétrospective depuis 1959

Dans le tableau rétrospectif suivant, les lubrifiants ont été inclus.

De 1959 à 1975, la consommation de produits pétroliers du secteur des transports a été globalement multipliée par 3,2.

Par mode, l'évolution a été la suivante :

- Air : × 5,6
- Route : × 3,6
- Soutes : × 3
- Navigation intérieure : × 2,5
- Pêches, cabotage : × 1,3
- Fer : × 0,65

#### Ventilation de la consommation de produits pétroliers, lubrifiants inclus, entre les différents modes de transports depuis 1959 (estimation)

En milliers de tonnes

Année	Route	Mer		Fer	Air	Navigation intérieure	Total transports	% de la consommation totale
		Pêche, cabotage	Soutes					
1959	6 127,5	391,6	1 674	1 045	340	76	9 654,1	43,4
1960	6 662,5	370,1	1 698	1 112,5	483	89	10 415,1	42,4
1961	7 365,2	405,5	1 922	1 083	624	93	11 492	41,7
1962	8 049	384,8	2 077	1 151	732	107	12 500	38,9
1963	8 887	395,7	2 006	1 245	798	112	13 444	35,5
1964	9 962	430,7	2 197	1 191	876	114	14 770	33,5
1965	10 881	444	2 058	1 131	923	129	15 566	32
1966	11 915	458	2 177	947	998	159	16 655	32
1967	13 071	442	2 568	909	1 167	163	18 320	30,8
1968	14 280	446	3 007	822	1 191	202	19 947	30,3
1969	15 354	479	3 557	819	1 385	242	21 594	29,4
1970	16 729	482	3 921	682	1 547	250	23 611	27,5
1971	18 250	455	4 155	589	1 555	275	25 279	26,8
1972	20 070	446	4 864	662	1 767	227	28 036	26,8
1973	22 051	456	5 523	692	1 874	227	30 823	26,5
1974	21 663	487	5 089	698	1 876	227	30 040	27,4
1975	22 496	521	4 746	672	1 922	197	30 554	30,3
1976	23 996	464	5 254	651	2 063	204	32 632	29,9

(Source : C.P.D.P.)

## Evolution récente

Les tableaux suivants indiquent selon les mêmes sources que précédemment (C.P.D.P.) l'évolution détaillée avant et après les événements de 1973.

N'ont été retracés dans ces tableaux que les consommations de produits énergétiques intéressant les activités de transports ; les lubrifiants n'ont donc pas été repris et la consommation de produits pétroliers relative à la pêche a été distinguée.

### Evolution récente de la consommation en volume de l'essence et du gasoil dans les transports routiers

Milliers de mètres cubes

Transports routiers	1972		1973		1974		1975		1976	
	Essence	Gasoil								
V.P.C. et taxis .....	15 163	450	16 624	580	15 853	700	16 590	810	17 542	950
Deux-roues .....	420	—	460	—	500	—	540	—	565	—
Véhicules utilitaires ..	3 600	6 121	3 765	6 796	3 750	6 901	3 940	6 905	4 100	7 569
dont :										
— autocars et. auto-bus .....		520		530		560		595		630
— camionnettes .....		120		150		165		180		200
— camions C.U. > 1 t.		5 481		6 116		6 176		6 130		6 739
<b>Total en volume 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>19 183</b>	<b>6 571</b>	<b>20 849</b>	<b>7 376</b>	<b>20 103</b>	<b>7 601</b>	<b>21 070</b>	<b>7 715</b>	<b>22 207</b>	<b>8 519</b>

(Source : C.P.D.P.)

L'évolution globale a donc été la suivante :

— en 1974, la consommation totale a baissé de 780 000 tonnes par rapport à 1973, ce qui correspond pour les grandes masses :

- o à une baisse des ventes de soutes de 440 000 tonnes ;
- o à une baisse des ventes de carburants autos de 580 000 tonnes ;
- o à une hausse de la consommation de gasoil de 200 000 tonnes.

— en 1975 la hausse modérée de la consommation totale (elle ne rejoint pas tout à fait le niveau de 1973) par rapport à 1974, de 590 000 tonnes a été pour les grandes masses la résultante :

- o d'une augmentation de la vente de carburant-auto de 745 000 tonnes (dépassant ainsi le niveau de 1973) ;
- o d'une reprise modérée de la hausse de la consommation de produits pétroliers pour le secteur aérien (+ 46 000 tonnes) ;
- o d'une hausse modérée de la consommation de gasoil pour le transport routier (+ 100 000 tonnes) ;
- o d'une poursuite de la baisse des ventes de soutes (— 342 000 tonnes) ;
- o d'une faible baisse de la consommation de produits pétroliers dans les transports ferroviaires (— 25 000 tonnes).

Cette analyse rapide fait apparaître que la réduction de la consommation totale du secteur des transports en 1974 et 1975 par rapport à 1973 est liée à la conjoncture économique.

Il est donc certain qu'avec une reprise de la croissance économique, la consommation dans le secteur des transports poursuivra sa progression à un taux supérieur à celui de la P.I.B. si aucune action n'est entreprise ; cette évolution est parfaitement confirmée en 1976.

Evolution récente de la consommation de produits pétroliers dans les différents modes de transports

En 10<sup>3</sup> tonnes

	1972		1973		1974		1975		1976						
	Essence	Gasoil	Essence	Gasoil	Essence	Gasoil	Essence	Gasoil	Essence	Gasoil					
Transports routiers .....	14 242	5 440	15 517	6 122	14 936	6 324	15 681	6 426	16 500	7 096					
Total .....	19 682		21 639		21 260		22 107		25 596						
Transports ferroviaires (1) ..	F.O.D.	F.O. lourd	F.O.D.	F.O. lourd	F.O.D.	F.O. lourd	F.O.D.	F.O. lourd	F.O.D.	F.O. lourd					
	598	49	646	29	667	17	646	13	626	10					
Total .....	647		675		684		657		636						
Transports fluviaux .....	225		225		225		195		202						
Transports aériens .....	Essence	Carbu-réacteurs	Essence	Carbu-réacteurs	Essence	Carbu-réacteurs	Essence	Carbu-réacteurs	Essence	Carbu-réacteurs					
	45	1 709	48	1 812	38	1 829	37	1 876	38	2 014					
Total .....	1 754		1 860		1 867		1 913		2 052						
Transports maritimes .....	Essence pétrole lampant	G.O. (2)	F.O. lourd	Essence pétrole lampant	G.O. (2)	F.O. lourd	Essence pétrole lampant	G.O. (2)	F.O. lourd	Essence pétrole lampant	G.O. (2)	F.O. lourd			
	9	403	34	8	426	22	7	460	20	8	490	23			
Soutes .....		622	4 203		720	4 760		636	4 411		642	4 063			
Total pêches exclues .....	4 847			5 499			5 083			4 833			5 272		
Transports Total .....	27 156			29 899			29 120			29 707			31 758		

(Source : C.P.D.P.)

(1) Y compris chauffage des locaux pour 30 % environ.

(2) Ou diesel marine léger.

(3) Comprend les pêches pour :

423,5	436,6	451,1	393,4	405,1
-------	-------	-------	-------	-------

## 1.4. Consommation par mode selon la Commission des Comptes Transports de la Nation - année 1973

### Les transports terrestres

1) Route	Diesel (1)	Essence (1)	Total (1)	Total (2)
Marchandises .....	5,62	2,58	8,2	6,79
Autocars, administration, R.A.T.P. .	0,58	0,31	0,89	0,737
Taxis, V.P. et deux-roues .....	0,53	15,89	16,42	13,595
<b>Totaux .....</b>	<b>6,73</b>	<b>18,78</b>	<b>25,51</b>	<b>21,12</b>

2) Navigation intérieure .....	0,223 (2)	0,27 (1)
--------------------------------	-----------	----------

3) S.N.C.F	(1)	(2)
Marchandises .....	1,023	0,847
Voyageurs .....	0,831	0,688
<b>Total .....</b>	<b>1,854</b>	<b>1,535</b>
dont sous forme électrique .....	1,306	1,081

4) R.A.T.P. Fer .....	0,201 (1) (soit 770,7 millions de kWh)	0,166 (2)
-----------------------	---	-----------

5) Total transports terrestres .....	27,835 (1)	23,05 (2)
dont sous forme d'électricité .....	1,507	1,247

(1) Millions de m<sup>3</sup> de gazole ou d'équivalent gazole.  
(2) Millions de T.E.P.

## Transports aériens

La C.C.T.N. considère que la consommation de kérosène sur le territoire national est de 1,9 millions de tonnes (il s'agit en fait des ventes sur le territoire national) ; la part du transport intérieur étant de 16 %, on peut dresser le tableau suivant :

	(1)	(2)
Services intérieurs (Corse comprise) .....	0,32	0,26
Autres services .....	1,68	1,40
Total .....	2	1,66

## Transports maritimes

La C.C.T.N. considère que les consommations relatives aux soutes s'élèvent à 5,2 millions de tonnes de fuel dont 40 % pour les navires français (3).

## Consommation totale

Le total de la consommation, correspondant aux ventes de produits énergétiques pétroliers sur le territoire national augmentées de la consommation sous forme d'électricité est alors le suivant :

Transports terrestres .....	23,05
Transports aériens .....	1,66
Transports maritimes .....	5,2
Total .....	29,9 (2)

Ce total ne comprend pas les dépenses énergétiques du transport par conduite (environ 0,06 M. de tep) ; il est inférieur à celui donné par le C.P.D.P. qui n'inclut pas la consommation d'origine électrique.

## 1.5. Evolution de la consommation des principaux produits pétroliers intéressant les transports

Il a semblé utile d'indiquer dans le tableau suivant la consommation des principaux produits pétroliers intéressant les transports dans la mesure où les chiffres reproduits ne sont pas des estimations, mais les chiffres des ventes sur le territoire français lesquels, sous réserve des mouvements de stocks, reflètent précisément l'évolution de la consommation.

(1) Million de m<sup>3</sup> de gazole ou d'équivalent gazole.

(2) Million de T.E.P.

(3) Il s'agit des ventes effectuées depuis le territoire français. Compte tenu des habitudes des navires, la consommation de l'économie française est du même ordre de grandeur.

On pourra constater que pour ces produits, la part représentative de la consommation dans les transports est largement prépondérante.

En milliers de tonnes

Années	Essence et Super	Carburéacteurs	Gasoil (marché intérieur)	Soutes (gasoil et autres)		
				Françaises	Etrangères	Ensemble
1938	2 646,0		304,0	859,0	77,0	936,0
1947	1 688,2		537,8	254,0	295,4	549,4
1948	1 492,0		639,7	486,7	197,0	683,7
1949	1 913,0		751,7	633,9	375,2	1 009,1
1950	2 501,2	6,7	882,5	706,3	228,4	934,7
1951	2 797,0	16,0	1 036,6	962,6	589,5	1 552,1
1952	3 163,7	26,8	1 042,6	1 151,2	594,3	1 745,5
1953	3 493,3	47,5	1 203,3	1 127,0	476,0	1 603,0
1954	3 773,9	60,1	1 327,9	1 174,4	474,3	1 648,7
1955	4 229,6	78,4	1 500,1	1 293,2	455,0	1 748,2
1956	4 482,1	97,1	1 554,2	1 344,2	674,6	2 018,8
1957	4 367,5	101,3	1 434,8	1 125,3	562,3	1 687,6
1958	4 821,9	106,6	1 502,7	1 488,3	450,4	1 938,7
1959	5 045,4	135,9	1 564,2	1 377,4	296,2	1 673,6
1960	5 418,7	317,9	1 697,8	1 348,3	350,5	1 698,8
1961	5 928,6	473,7	1 880,0	1 425,3	496,3	1 921,6
1962	6 359,4	589,5	2 105,7	1 517,9	559,7	2 077,6
1963	6 927,3	679,5	2 356,5	1 338,7	667,2	2 005,9
1964	7 692,3	779,5	2 655,7	1 376,1	821,8	2 197,9
1965	8 369,4	843,6	2 893,7	1 212,8	845,9	2 058,7
1966	9 071,7	922,2	3 199,5	1 293,7	884,0	2 177,7
1967	9 880,9	1 091,6	3 502,6	1 387,7	1 180,1	2 567,8
1968	10 689,3	1 128,0	3 885,1	1 490,4	1 516,9	3 007,3
1969	11 349,1	1 325,4	4 272,7	1 773,8	1 783,7	3 557,5
1970	12 280,8	1 490,3	4 703,0	1 997,1	1 923,5	3 920,6
1971	13 322,7	1 501,8	5 133,0	1 761,8	2 393,1	4 154,9
1972	14 522,2	1 708,6	5 729,0	1 935,1	2 929,1	4 864,2
1973	15 722,4	1 811,9	6 533,4	2 130,6	3 392,3	5 522,9
1974	15 182,3	1 828,5	6 770,6	2 108,7	2 981,1	5 089,8
1975	15 921,5	1 876,3	6 916,6	2 042,0	2 703,6	4 745,6
1976	17 748,0	2 013,4	7 546,6	2 159,5	3 095,0	5 254,5

(Source : C.P.D.P.)

Selon le C.P.D.P., la consommation de ces produits imputables aux transports était en 1975 de :

- Essence et super : 98,4 %
- Carburéacteurs : 100 %
- Gasoil : 92,9 %
- Soutes : 100 %

Nota : Il s'agit de ventes sur le territoire national.

## 2. LES PRIX

### 2.1. Rétrospective de l'évolution des prix du gasoil, de l'essence, du super depuis 1949

On trouvera dans les courbes suivantes l'évolution, année par année, des prix de ces trois produits.

Il s'agit des principales valeurs des prix à Paris telles qu'elles figurent dans l'annuaire statistique du Comité des Professionnels du Pétrole.

Les prix en milieu d'année ont été actualisés à partir des indices de l'évolution moyenne des prix de l'année correspondante à Paris (sauf pour 1976).

Ces courbes permettent de montrer la baisse des prix relatifs de ces trois produits de 1958 à 1973 ; cette baisse a été de l'ordre de 35 à 40 % sur la période.

On constate également que la hausse de 1974, pourtant forte, n'a pas complètement effacé ce phénomène.

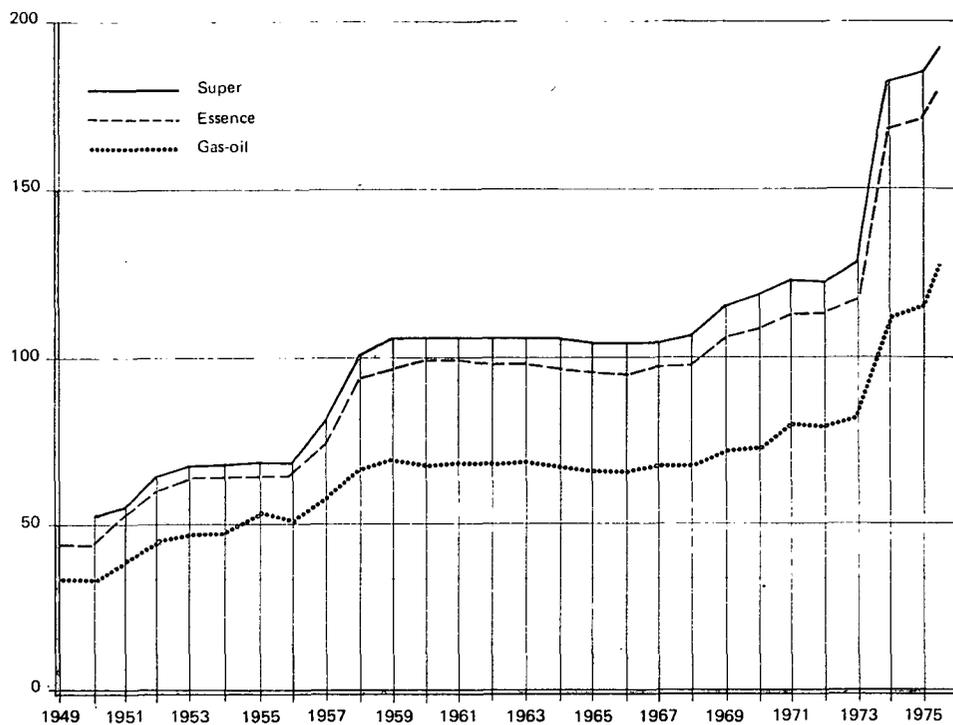
En définitive, les carburants légers coûtent sensiblement moins cher en valeur réelle en 1976 qu'en 1958, et un peu moins cher qu'en 1950.

### 2.2. L'évolution récente des prix des trois principaux produits pétroliers intéressant le secteur des transports

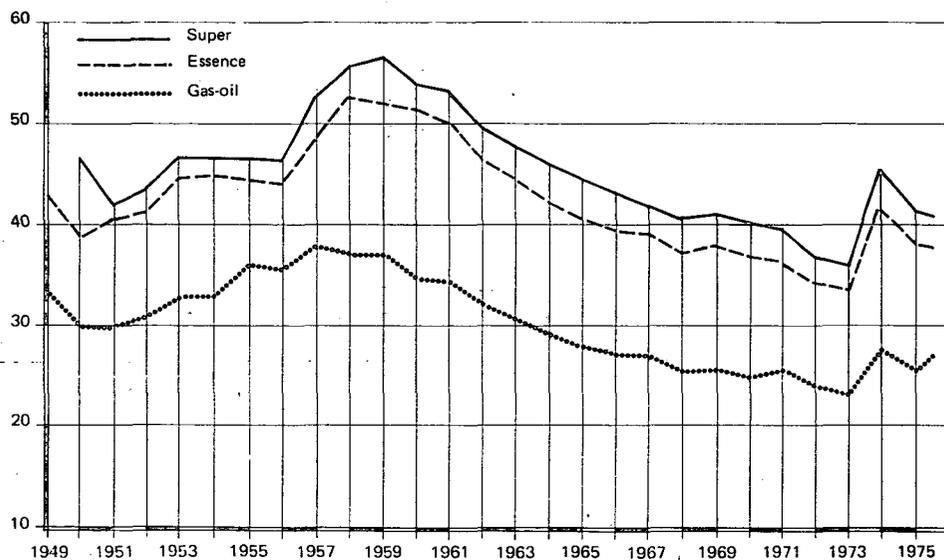
Le tableau suivant retrace l'évolution des prix, à Paris, des trois principaux produits pétroliers pendant les années 1973, 1974, 1975 et 1976 :

	Prix de l'essence		Prix du Super		Prix du gasoil		Indice des prix de détail
	F/hl	Indice	F/hl	Indice	F/hl	Indice	
<b>1973 :</b>							
Janvier .....	112	100	121	100	77,5	100	100
Février .....	—	—	—	—	77,7	100,2	100,2
Juin .....	115	102,6	125	103,3	79,9	103	103,2
Août .....	—	—	—	—	80,4	103,7	104,7
Octobre .....	125	111,6	135	111,5	86,5	111,6	106,8
<b>1974 :</b>							
Janvier .....	161	143,7	175	144,6	104	134,1	110,3
Juillet .....	166	148,2	180	148,7	109	140,6	119
Août .....	—	—	—	—	112	144,5	120
<b>1975 :</b>							
Janvier .....	169	150,8	183	151,2	116	149,6	126,3
Avril .....	—	—	—	—	113	145,8	129,4
Juin .....	—	—	—	—	112	144,5	131,3
Septembre .....	—	—	—	—	116	149,6	134,1
Décembre .....	176	157,1	190	157	125	161,3	136,9
<b>1976 :</b>							
Mai .....	182	162,5	196	163	126	162,5	142,7
Septembre .....	—	—	—	—	130	167,7	147,4
Octobre (plan Barre) .....	209	186,6	225	186	134	172,9	148,7
<b>1977 :</b>							
Février .....	214	191,1	231	190,9	139	179,4	151,9

### PRIX DU LITRE EN FRANCS COURANTS



### PRIX DU LITRE EN FRANCS CONSTANTS base : 1949

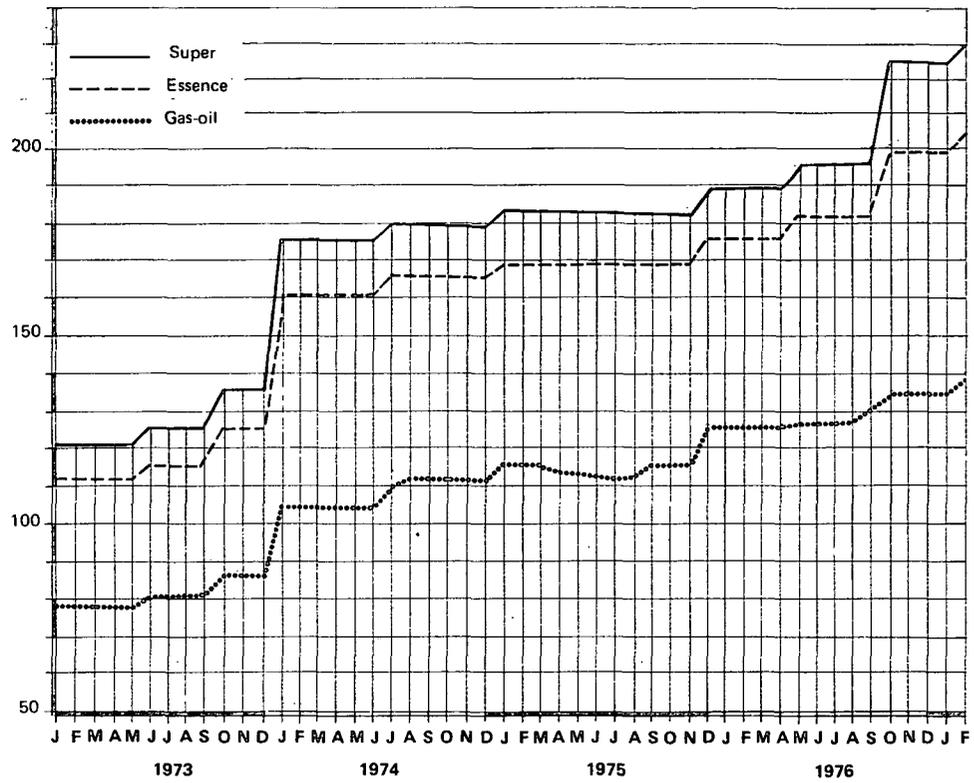


Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1973, le prix de ces produits pétroliers a donc augmenté de 91% pour les carburants auto et de 79% pour le gasoil alors que l'indice général des prix de détail subissait, pendant la même période, une hausse plus modérée de 52%.

En francs courants et en francs constants 1970, l'évolution des prix est retracée dans les deux séries de courbes suivantes :

### FRANCS COURANTS

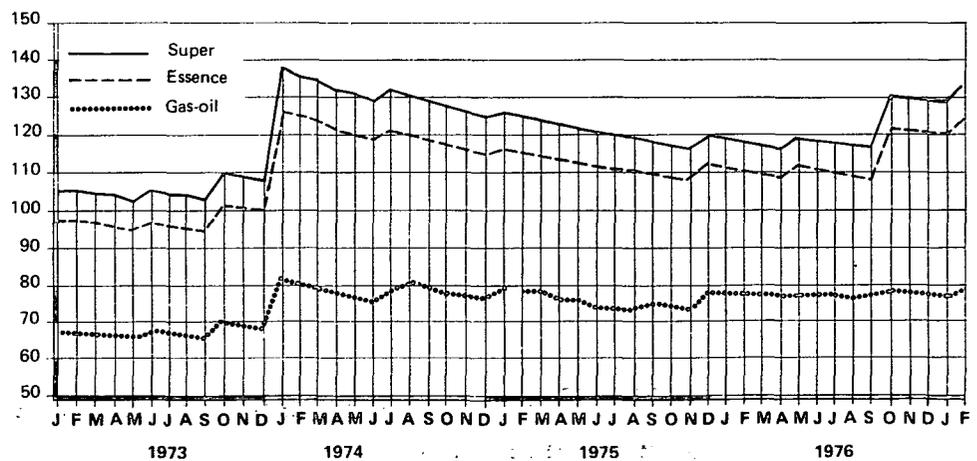
Evolution du prix de l'essence, du super et du gasoil à Paris à partir du 1-1-1973



### FRANCS CONSTANTS

Base : année 1970

Evolution du prix de l'essence, du super et du gasoil à Paris à partir du 1-1-1973



### 3. L'ÉNERGIE DANS LES TRANSPORTS ET LES ÉCHANGES EXTÉRIEURS

— Evolution récente de la part correspondant aux importations de produits énergétiques pour les transports dans les importations totales (en valeur) :

Le tableau suivant regroupe les informations concernant l'évolution récente de la part des produits pétroliers consommés dans les transports dans les importations françaises totales :

	1972	1973	1974	1975	1976
Produits pétroliers énergétiques (2) consommés dans les transports (en milliers de tonnes) .....	27 156	29 899	29 120	29 707	31 758
Equivalent en pétrole brut compte tenu des pertes en raffineries 6,5 % .	28 921	31 842	31 013	31 638	33 822
Prix C.A.F. du pétrole brut en francs/tonne .....	112,4	115,4	377	389	450
Coût en millions de francs des importations de pétrole brut nécessaire au secteur des transports .....	3 250	3 674	11 692	12 307	15 220
Importations pétrole brut totales en millions de francs .....	13 604	15 767	48 561	40 533	
Importations totales (chiffres douaniers C.A.F.) en millions de francs .	135 741	166 124	254 652	231 269	307 990
% dans les importations des consommations de pétrole du secteur des transports .....	2,39 %	2,21 %	4,59 %	5,3 %	4,94 %

En 1974, la hausse du prix du pétrole brut a eu pour effet de doubler la part des importations en produits pétroliers nécessaires au secteur des transports dans les importations totales (en valeur).

En 1975, cette part a continué de croître, cette fois principalement sous l'influence d'une baisse des importations françaises totales, consécutive à la récession économique.

(1) On a raisonné sur les ventes faites sur le territoire national en négligeant les avitaillements à et de l'étranger.

(2) Pêches et lubrifiants exclus.

## **II - Les consommations unitaires**

Cette annexe rassemble diverses informations sur la consommation spécifique des différents modes en faisant apparaître :

- les consommations unitaires moyennes ;
- les facteurs de dispersion et la dispersion autour de cette moyenne quand cela est possible.

Tous ces chiffres ont été exprimés en une unité commune : le gramme d'équivalent pétrole.

Le cas échéant les coefficients d'équivalence suivants ont été utilisés (1) :

1 tep = 1,5 tec.

1 litre de gazole = 0,83 kg d'équivalent pétrole.

1 litre de carburant auto = 0,744 kg d'équivalent pétrole.

1 kWh (2) = 2,5 thermies PCI = 0,29 litre de gazole = 241 gep.

Les sources utilisées ont été les suivantes :

- le 12<sup>e</sup> rapport de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (C.C.T.N.) ;
- les travaux du Comité consultatif de l'utilisation de l'Energie (rapport Marrelle) (C.C.U.E.) ;
- le rapport de M. Bouladon du Battelle Institute, pour le premier Congrès international sur l'environnement et la crise de l'énergie (tenu à Turin en mai 1974). Ce rapport ne porte pas sur le système de transport français ; il a cependant semblé intéressant de faire figurer les chiffres qui en sont issus ;
- la note S.N.C.F. « La S.N.C.F. et l'Energie » d'août 1975 et divers articles écrits par des responsables de la S.N.C.F. ;
- des sources diverses : R.A.T.P., O.N.N., etc.

## 1. CONSOMMATION SPÉCIFIQUE DES TRANSPORTS DE VOYAGEURS

### 1.1. La voiture particulière

#### La consommation spécifique moyenne en France

Il est impossible de connaître directement la consommation spécifique moyenne de la voiture particulière (V.P.).

Tout au moins peut-on tenter d'avancer des chiffres et vérifier leur plausibilité. C'est la démarche adoptée par la Commission des Comptes Transports de la Nation dans son 12<sup>e</sup> rapport (année 1973) annexe V : l'évaluation du volume de carburant auto consommé par la V.P. a permis d'estimer la consommation annuelle moyenne par véhicule à 1 189 litres et la consommation moyenne en rase campagne à 8,7 litres aux 100 km pour un parcours annuel moyen de 12 528 km dont 26 % en ville ; la surconsommation en zone urbaine a été estimée à 35 %.

Le détail des calculs en grammes d'équivalent pétrole est le suivant :

- consommation en rase campagne : 8,7 litres aux 100 km ;
- consommation en ville (35 % en plus) : 11,74 litres aux 100 km.

(1) Pour certaines sources, les chiffres étaient fournis directement en gep, sinon on a utilisé les coefficients sus-mentionnés.

(2) Aux bornes des sous-stations de la S.N.C.F.

Ce qui conduit à une consommation au véhicule/km de (densité 0,744) (1) :

R.C. (2) :  $8,7 \times 0,744 = 64,7$  gep/ véh-km ;

Z.U. (3) :  $11,74 \times 0,74 = 87,3$  gep/véh-km.

Soit par passager :

R.C. : 32,4 gep/pass-km (avec 2 passagers) ;

Z.U. 67,15 gep/pass-km (avec 1,3 passager).

La consommation moyenne (R.C. + Z.U.) est, si on considère que les parcours urbains représentent 26 % du total :

$0,74 \times 64,7 + 0,26 \times 87,3 = 70,5$  gep/véh-km.

Occupation moyenne :

$0,74 \times 2 + 0,26 \times 1,3 = 1,82$ .

La consommation moyenne par passager (moteur à essence) est donc :

$\frac{70,5}{1,82} = 38,7$  gep/pass-km.

Ainsi l'hypothèse de départ 8,7 l/100 en rase campagne se trouve vérifiée par d'autres hypothèses portant sur :

- le parc réellement utilisé ;
- le kilométrage annuel moyen parcouru ;
- le pourcentage de parcours urbains dans les parcours totaux ;
- la surconsommation moyenne en zone urbaine ;
- le taux de remplissage des véhicules (pour la consommation au passager-km) ;
- le volume total de carburant consommé par la V.P. ;
- la circulation des véhicules étrangers en France supposée égale à celle des français à l'étranger.

Les chiffres de la C.C.T.N. sont corroborés par les estimations de l'Auto-Journal qui considère qu'une 6-7 CV consomme en moyenne (ville et rase campagne confondues) entre 9 et 10 l/100 km, soit 66,9 et 74,4 gep/véh-km, et par les évaluations faites par d'autres instances indiquées dans le tableau suivant :

**Consommation spécifique de la V.P. (moyenne, en rase campagne, en zone urbaine)**

	C.C.T.N.	C.C.U.E.	D.T.T.	S.N.C.F.
Moyenne par véhicule-km .....	70,5			
Moyenne par passager-km .....	38,7	33,3		
En rase campagne par véhicule-km ..	64,7		64,4	69,3
En rase campagne par passager-km ..	32,4		32	34,6
En zone urbaine par véhicule-km ....	87,3		81,8	92
En zone urbaine par passager-km ....	67,15		68,2	76,6

Unité : gep/voy-km - gep/véh-km

Les différences entre les chiffres de consommation moyenne fournis par diverses sources sont faibles et l'ordre de grandeur de ces consommations est donc bien connu. On verra ci-après que la dispersion des consommations réelles autour de la moyenne peut être importante.

(1) Densité du super : 0,749 ; de l'ordinaire : 0,725.

(2) Rase campagne.

(3) Zone urbaine.

### 1.1.2. La dispersion autour de la moyenne

Les principaux facteurs de dispersion autour des moyennes indiquées paraissent être les suivants :

- la sinuosité ;
- le relief ;
- la vitesse et plus largement la manière de conduire ;
- le réglage ;
- le type de véhicule ;
- la source d'énergie (moteur à essence ou diesel) ;
- le taux d'occupation ;
- le type de réseau (autoroute, route nationale...) ;
- l'encombrement.

Pour les deux premiers facteurs indiqués on ne dispose pratiquement pas d'indications.

#### La vitesse

On trouvera dans l'annexe sur « le respect de la limitation des vitesses sur route » un tableau des consommations à vitesse stabilisée dressé lors de l'étude sur la Sécurité Routière de 1969.

On peut en déduire qu'autour de 100 km/h, faire croître ou baisser la vitesse de 10 km/h entraîne un effet sur la consommation de l'ordre de 10 %, alors que dans les vitesses supérieures l'effet est plus fort, de l'ordre de 11 à 12 %.

#### L'incidence de la manière de conduire

Selon l'Agence pour les Economies d'Energie, sur un même parcours, à même vitesse moyenne et avec un même véhicule, un conducteur peut consommer 40 % de carburant de plus qu'un autre.

Cela nous donne une idée de l'influence considérable que peut avoir la manière de conduire sur la consommation.

On pourrait, sur la base de cette remarque, considérer la courbe précédente comme un plancher pour conducteur calme et construire la courbe des conducteurs peu économes.

Cela permettrait de situer dans la fourchette ainsi définie la consommation réelle (et non à la vitesse stabilisée).

Si on admet, là aussi à titre de grossière approximation, que la surconsommation à vitesse moyenne par rapport à la vitesse stabilisée est de 20 %, on peut estimer que les 8,7 l sur route de la C.C.T.N. correspondent à une vitesse en plat de 85 km/h de moyenne.

Si on prend en compte l'action des autres facteurs qui majorent la consommation (conditions de circulation, côtes, virages, accélération après les traversées d'agglomération), la consommation moyenne donnée par la C.C.T.N. correspond à une vitesse moyenne plus faible.

#### Le type de véhicule

##### a) Les différents modèles

Des essais ont été effectués sur la plupart des modèles français pour déterminer la consommation moyenne à vitesse stabilisée (90 km/h, 120 km/h) et sur un parcours-type urbain conventionnel.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les résultats de ces essais pour certains modèles des marques françaises (transmission mécanique).

**Consommation conventionnelle de certains modèles d'automobiles françaises**

Puissance fiscale	90 km/h	120 km/h	Urbain
2 CV Citroën 2 CV 4 .....	5,8		6,3
3 CV Citroën 2 CV 6 .....	5,7		6,9
Citroën Dyane .....	5,7		7,2
Citroën Ami 8 .....	5,7		8
4 CV Renault 4 L (R 4) .....	6,5		8,3
Renault 5 L (R 5) .....	6,3		8,3 (8,1)
5 CV Chrysler 1 000 LS .....	6,8	9,4	9,7
Chrysler 1 100 LE .....	7,05	10	9,7
Peugeot 104 L .....	6,1	8,9	8,6
Peugeot 204 Diesel .....	5,6	8,3	7,4
Renault 5 TL .....	6,1	8,6	9
6 CV Chrysler 1 000 GLS .....	6,8	9,4	9,7
Chrysler 1 100 LX .....	7,7	10,5	9,6
Citroën Ami Super .....	6,9	9,8	8,7
Citroën GSX .....	6,9	9,7	10,7
Peugeot 204 GL .....	6,5	9	9
Renault 6 TL .....	6,5	9,2	9,2
7 CV Chrysler 1 100 S .....	7,05	9,6	10,9
Chrysler 1 307 GLS .....	6,9	9	10,8
Peugeot 304 .....	6,6	8,9	9,5
Renault 12 L .....	7	10	10,3
Renault 12 TS .....	6,8	9,3	10,6
8 CV Chrysler 1 308 GT .....	7,1	9,1	10,8
Peugeot 504 Diesel .....	7,7	10,5	9,4
9 CV Chrysler 160 .....	7,9	10,1	11,1
Renault 16 TL .....	7,2	9,7	11,5
Renault 16 TS .....	7,2	10,1	12,5
10 CV Chrysler 180 .....	8,1	10,8	12,7
Peugeot 504 L .....	7,9	10,5	12,8
11 CV Chrysler 2 L .....	8,6	11	11,9
Citroën CX 2 000 .....	8,2	10,2	14,2
Peugeot 504 TI .....	7,6	10,2	13,2
12 CV Citroën CX 2 200 .....	8,3	10,5	14,2
15 CV Peugeot 604 .....	9,4	11,9	17,8
Renault 30 TS .....	8,75	11,2	17,1

*b) Les catégories de puissance*

Dans un article de Rail International (d'avril 1976, page 198), M. J.P. Baumgartner, de la C.F.F., reprenant des résultats d'une étude faite dans le cadre de l'Union Internationale des Chemins de Fer (U.I.C.) cite pour la voiture particulière les chiffres suivants (dans la suite de cette note, les chiffres fournis dans cet article auront le sigle C.F.F.) :

	Petite voiture européenne	Voiture européenne moyenne	Grosse voiture européenne	Voiture américaine
<b>Consommation en litres/100 km :</b>				
— trafic urbain .....	8	13	17	22
— trafic interurbain .....	5	8	11	14
<b>Consommation en gep/véh.-km :</b>				
— trafic urbain .....	59,5	96,7	126,5	163,6
— trafic interurbain .....	37,2	59,5	81,8	104,2

On doit noter que :

- La surconsommation en trafic urbain est estimée ici à 60% environ.
- L'éventail de la consommation en litres par 100 km pour une voiture européenne légèrement supérieur à 2.
- L'éventail de la consommation en litres pour 100 km pour une voiture européenne moyenne (13 l-8 l) encadre celui de la C.C.T.N. (11,74 l-8,7 l). Si on applique à ces chiffres la même répartition rase campagne/zone urbaine on aboutit à une consommation moyenne de 9,2 l soit 69 gep/véh-hm (ce qui est très proche des 70 gep/véh-km auxquels conduisent les évaluations de la C.C.T.N.).

#### *c) Les voitures à moteur Diesel (source Agence pour les Economies d'Energie)*

Le moteur diesel a une consommation spécifique particulièrement faible (160 grammes/cheval heure) alors que les moteurs à allumage commandé consomment actuellement au moins 190 g/cheval heure.

Mais ces rendements élevés ne peuvent être atteints que sur les moteurs diesel de forte puissance. Dans la gamme de puissance correspondant aux voitures particulières européennes, le rendement des moteurs diesel actuellement sur le marché apparaît voisin de celui des moteurs à allumage commandé de puissance équivalente.

Pour comparer la consommation énergétique de deux automobiles, l'une avec un moteur diesel, l'autre avec un moteur à explosion, il convient de définir :

- un cycle de conduite représentatif de l'usage de ces véhicules ;
- « l'équivalence » entre ces deux véhicules.

En effet les formes de courbes représentant la puissance fournie par ces deux types de moteurs en fonction du régime de la rotation sont assez différentes ; il faut aussi tenir compte du fait que le moteur diesel étant plus encombrant qu'un moteur à explosion, les constructeurs montent sur une carrosserie donnée un moteur diesel beaucoup moins puissant que le moteur à allumage commandé. Le rapport des puissances maximales varie de 0,55 à 0,90.

On peut donc définir trois types d'équivalence entre voitures diesel et voitures à allumage commandé :

- équivalence de puissance maximale ;
- équivalence de performance en accélération ;
- équivalence pratique (cas des modèles actuellement sur le marché).

Le tableau joint montre que dans le premier cas le rendement actuel des moteurs diesel de petite cylindrée est très proche de celui des moteurs à essence de même puissance.

En fait, le rendement est meilleur en circulation urbaine et moins bon à vitesse élevée (de l'ordre de 10 %).

*Si on considère l'équivalence pratique, on observe un gain de rendement pouvant atteindre 20 %, pour la voiture diesel, mais au détriment des performances du véhicule.*

Un gain équivalent peut donc être obtenu en montant sur les automobiles des moteurs à essence de puissance maximale réduite. Cette solution présente des avantages sur le plan industriel.

#### *d) La comparaison moteur diesel - moteur à essence Consommation en énergie (source I.F.P.)*

Le tableau suivant donne les résultats de la comparaison des consommations pour une voiture équipée de moteur diesel et une voiture avec moteur à essence de même puissance maximale suivant trois cycles de conduite normalisés :

- Cycle Europe : représentatif d'une circulation encombrée dans une ville européenne (vitesse moyenne 19 km/h).
- Cycle C.V.S. : représentatif d'une circulation urbaine américaine (vitesse moyenne 32 km/h).
- Cycle E.P.A. Highway : représentatif d'une circulation suburbaine américaine (vitesse moyenne 78,5 km/h).

**Consommation comparée moteur diesel - moteur à essence**

Version	Moteur à essence		Moteur diesel		Gain % diesel/ essence
	L. Super 100 km	Thermie 100 km	L. Gasoil 100 km	Thermie 100 km	
Cycle Europe .....	9,0	70	7,5	64	8,6
Cycle C.V.S. ....	7,7	60	6,7	57	5
Cycle E.P.A. High- way .....	5,8	45	5,9	50	- 11,1

Source : I.F.P.

**Le taux d'occupation des véhicules**

Le taux d'occupation moyen des véhicules sur route peut être déterminé grâce aux travaux de l'O.N.S.E.R. ; il serait supérieur à 2 pour les grands trajets, et inférieur pour les déplacements à plus courte distance :

— taux d'occupation des véhicules légers (période d'observation : 1-8-1973 au 31-7-1974), nombre d'occupants/véhicule :

Immatriculation	R.N.G.C.	C.D.
Locale .....	1,8	1,8
Limitrophe .....	2,1	1,9
Autres français .....	2,2	2,2
Etrangère .....	2,6	2,2
Total français .....	2,0	1,9

Si on considère, en première approximation, que la consommation du véhicule n'augmente pas avec le nombre de passagers, l'incidence du taux d'occupation ressort du tableau suivant (établi à partir des chiffres de la C.C.T.N.) :

**Consommation en grammes d'équivalent pétrole par passager × km**

Nombre de passagers	Rase campagne	Zone urbaine
1 .....	64,7	87,3
2 .....	32,4	43,6
3 .....	21,5	29,1
4 .....	16,2	21,8

**L'incidence du réseau**

Les infrastructures interviennent sur la consommation moyenne au kilomètre parcouru à travers plusieurs phénomènes :

— *la congestion* : On a vu que la surconsommation en zone urbaine était considérée comme égale à 35 % par la C.C.T.N. et 60 % par M. Baumgartner ; la congestion routière produit bien entendu les mêmes effets sur les parcours interurbains.

— *la vitesse* : Il est vraisemblable que de bonnes infrastructures incitent les automobilistes à rouler plus vite et donc à augmenter les dépenses d'énergie. On peut vérifier cette constatation sur les autoroutes (avant toute limitation de vitesse) mais également sur les bonnes routes où les infractions au respect des limitations de vitesse sont nombreuses.

## 1.2. La consommation spécifique des deux-roues

On n'abordera pas ici le problème de la bicyclette, quoique cette façon de se déplacer soit la plus économe en énergie et même la plus rapide si on en croit ceux qui, comme J.P. Dupuy, du C.E.R.E.B.E., adoptent le concept de vitesse généralisée.

Pour les deux-roues motorisées, il convient sans doute de distinguer :

— les cyclomoteurs de 50 cm<sup>3</sup>, lesquels consomment entre 1,2 l/100 et 3 l/100, soit environ de 9 gep/véh-km à 22 gep/véh-km ;

— les motocyclettes, qui peuvent être montées par deux personnes, et ont une consommation très variable selon la cylindrée, se situant vraisemblablement entre 2,5 l/100 et 10 l/100 par véhicule soit de 19 gep à 75 gep.

## 1.3. Consommation spécifique des autocars et autobus

Pour ces deux modes de transport, la Commission des Comptes Transports de la Nation avait utilisé les chiffres suivants :

— autocars : 30 l/100 km, soit 250 gep/véh-km ;

— autobus : 38 l/100 km, soit 315 gep/véh-km.

La consommation par passager-km dépend du nombre d'occupants. Les chiffres retenus par la C.C.T.N. sont les suivants :

— autocars : 19 gep/pass-km ;

— autobus : 16,5 gep/pass-km.

Ils correspondent respectivement à 13 et 19 passagers par véhicule.

On trouvera dans le tableau ci-dessous d'autres évaluations (elles reposent également sur des consommations par passager-km déduites d'une évaluation du nombre d'occupants moyens) :

Consommation spécifique des autocars et autobus

gep/pass.-km

	C.C.T.N.	C.C.U.E.	Battelle	R.A.T.P.	D.T.T.	S.N.C.F.	C.F.F. (*)
Autocar ..	19		14			21,3	10,4 - 16,6
Autobus ..	16,5	18	18	19,7	18		5,8 - 8,8

(\*) Cette évaluation a été faite à partir d'un coefficient moyen d'occupation des places de 50 % (pour l'autobus, les places « debout » sont comprises).

### Comparaison avec la voiture particulière

Des chiffres de la Commission des Comptes des Transports de la Nation, il ressort que les autocars et les autobus consomment moins d'énergie que la voiture particulière (dans les conditions d'utilisation moyennes de celle-ci) dès lors que ceux-ci contiennent au moins :

Autocar :  $\frac{250}{32,4} = 7,7$  soit 8 passagers ;

Autobus :  $\frac{315}{67,1} = 4,7$  soit 5 passagers.

#### 1.4. Consommation spécifique du métro et du tramway au passager/km

*Métro* : On trouvera ci-dessous les chiffres relatifs aux consommations spécifiques du métro (R.A.T.P. 1979).

Métro urbain : 0,101 kWh/v-km soit 24,3 gep/km ;

Métro régional : 0,132 kWh/v-km soit 31,7 gep/v-km ;

Ensemble : 0,105 kWh/v-km soit 25,3 gep/v-km.

La surconsommation du métro régional provient sans doute d'une sous-utilisation de sa capacité ; ce phénomène devrait disparaître avec l'ouverture du tronçon central.

D'autres sources avancent des chiffres plus faibles :

Le Comité Consultatif des Utilisateurs de l'Energie : 23,3 gep/v-km ; la Direction des Transports Terrestres : 18 gep/v-km.

Il est vraisemblable que ces différences s'expliquent en partie par les coefficients d'équivalence énergétiques retenus.

*Tramway* : On citera, pour mémoire, le chiffre issu du rapport Battelle, soit 17,3 gep/km, dont on ne sait s'il porte sur des tramways de l'ancienne génération ou sur la nouvelle.

#### 1.5. Consommation spécifique des chemins de fer par passager/km

##### Selon la S.N.C.F.

Cette consommation moyenne varie selon le coefficient d'occupation mais également selon la vitesse et les matériels utilisés.

Les chiffres avancés par la S.N.C.F. dans la brochure « la S.N.C.F. et l'énergie » sont les suivants :

	Gec/v-km	Gep/v-km
Trains rapides et express .....	21	14
dont trains rapides à supplément .....	28	18,6
Trains de banlieue .....	27	18
Trains omnibus .....	37	24,6

Ces consommations moyennes comprennent le chauffage des trains, les manœuvres, etc.

##### Selon M. Baumgartner

Dans l'article précité, M. Baumgartner, qui raisonne avec un coefficient d'occupation théorique de 50%, donne les indications suivantes :

Consommation spécifique	Vitesse commerciale	Wh/v-km	Gep/v-km
Tokaido .....	170	70	16,9
T.E.E. ....	90 à 135	90 à 126	21,7 à 30,4
Rapide 1 <sup>re</sup> classe .....	90 à 140	78 à 110	18,8 à 26,5
Train rapide, express .....	80 à 120	34 à 64	8,2 à 15,4
Rame automotrice (banlieue électrique) .....	35 à 50	20 à 52	4,8 à 12,5

Ces consommations comprennent également les manœuvres terminales et le chauffage.

La différence, a priori surprenante, entre rapide 1<sup>re</sup> classe et train rapide et express s'explique par les calculs effectués : dans le premier cas le train de 600 t emmène 192 passagers, dans le second cas le train de 600 à 800 t emmène 440 passagers.

## Récapitulation

### Consommation spécifique des chemins de fer par passager-km suivant diverses sources

	C.C.T.N.	C.C.U.E.	D.T.T.	Battelle	S.N.C.F. (1)	C.F.F. (1)
Moyenne .....	14,1	13,3	14,7		24,6	
Omnibus .....	22,4				14	8,2 - 15,4
Express et rapides ....	13,2			25 (*)	18,6	21,7 - 30,4
Rapides à supplément ..					18	4,8 - 12,5
Banlieue .....				18	18	4,8 - 12,5

(\*) Diesel Rapide.

Unité : gcp/pass.-km

## Influence du mode de traction

La délégation à l'énergie a effectué une comparaison entre les consommations énergétiques des *trains de marchandises directs* selon le mode de traction électrique ou diesel. Il en résulte (voir la 2<sup>e</sup> partie) que les consommations spécifiques pour tracter 100 tkbr varient peu en fonction du mode de traction.

Nous pouvons sans doute reprendre cette conclusion pour les voyageurs.

## 1.6. La consommation spécifique du transport aérien

Elle varie beaucoup en fonction du type d'appareil (de son âge, de ses performances), du parcours moyen, de l'attente en vol et bien évidemment du remplissage. La notion de valeur moyenne n'a pas, pour ce mode de transport, un grand intérêt.

Les tableaux suivants (source D.G.A.C./S.E.I.) rassemblent donc la plupart des informations nécessaires. Il a toutefois semblé utile d'y adjoindre l'indication des taux moyens de remplissage sur certaines lignes.

### Taux de remplissage moyen sur certaines lignes en 1974

	1974	Variation par rapport à 1973
Air France :		
Métropole .....	56,6	— 12 %
Europe .....	53,0	— 8 %
Afrique du Nord .....	58,7	— 3,2 %
Amérique du Nord .....	62,6	+ 10 %
Proche-Orient .....	51,7	+ 1,5 %
U.T.A. :		
Extrême-Orient .....	64,3	+ 3 %
Pacifique .....	64,4	+ 20 %
Afrique de l'Ouest .....	53,3	
Afrique Centrale et Equatoriale .....	51,8	+ 0,9 %
Afrique du Sud .....	59,7	+ 2,7 %
Air Inter .....	64,5	— 3 %

(1) Ces chiffres tiennent explicitement compte des parcours à vide et des parcours divers, des manœuvres, du chauffage ou de la climatisation.

### Consommation des différents types d'appareils

Elle est exprimée en grammes par passager-kilomètre transporté (on a pris un coefficient de remplissage moyen de 60%). Elle varie avec la longueur de l'étape considérée.

Appareil	Nombre de sièges	Consommation carburant	
		Etape de 800 km	Etape de 1 100 km
Boeing 747 .....	370	76 g	69
Boeing 707 .....	164	115	100
Airbus B 2 .....	251	55	50
Boeing 727-200 .....	150	75	70
Mercurie .....	135		58
Caravelle III .....	86	102	91
DC 9 40 .....	110	70	63
Boeing 737-200 .....	110	72	60
BAC 111-500 .....	93		68

Source : DGAC/DTA

Appareil	Nombre de sièges	Consommation carburant		
		Etape de 400 km	Etape de 600 km	Etape de 800 km
Fokker 28 .....	65	127	110	90
VFW 614 .....	44	128	116	110
Fokker 27 .....	44	94	72	60
Corvette 100 .....	14	163	140	125
Beechcraft 99 .....	15	96	92	91
Airbus B2 (*) .....	292	66		

(\*) Source : S.N.I.A.S.

## 2. CONSOMMATIONS SPÉCIFIQUES RELATIVES AU TRANSPORT DE MARCHANDISES

### 2.1. Les transports routiers

Dans son 12<sup>e</sup> rapport, la Commission des Comptes des Transports de la Nation a fourni pour 1973 une estimation des consommations moyennes des camions par tranche de distance.

Cette estimation exprimée en gep/t-k, est la suivante :

Tranche de distance	C.C.T.N.
0 à 50 km .....	69,55
50 à 150 km .....	54,65
150 à 300 km .....	45,54
300 à 400 km .....	36,43
400 à 500 km .....	33,95
500 km et plus .....	28,15
Moyenne .....	46,4

Ces travaux ont été repris par le Département Statistiques des Transports du S.A.E.I. d'une part et par la Direction de la Prévision d'autre part.

Ils ont permis de faire apparaître une surconsommation, largement significative, du transport pour compte propre (de l'ordre de 70 % en moyenne), surconsommation qui s'observe d'une façon plus ou moins marquée quelle que soit la tranche de distance considérée et qui est, par exemple, de 30 % pour la tranche de distance de 500 km et plus.

(gep/t-k)

Tranche de distance	Ensemble	Compte d'autrui	Compte propre	Surconsommation du compte propre
0 à 50 km .....	69,7	54	76,4	+ 41,5 %
50 à 150 km .....	54,7	43,2	63,9	+ 48,1 %
150 à 300 km ....	45,6	37,3	57,3	+ 53,3 %
300 à 400 km ....	40	36,5	46,5	+ 27,3 %
400 à 500 km ....	34	30,7	44	+ 43,4 %
500 km et plus ..	28,2	26,5	34,9	+ 31 %

Source : Direction de la Prévision

Ces travaux suscitent les mêmes remarques que celles formulées pour la voiture particulière ; il est, là aussi, impossible de connaître directement la consommation des véhicules utilitaires, et on se trouve dans l'obligation de procéder par une série d'estimations et d'approximations. Pour le transport routier de marchandises, l'enquête T.R.M. permet toutefois de partir sur des bases plus solides (quoiqu'incomplètes) que pour le trafic des voitures particulières.

Une autre approche est possible ; une analyse de cette méthode peut être trouvée dans trois textes différents :

- l'article de M. Guy Blanc dans la revue Transports ;
- l'article déjà cité de M. Baumgartner ;
- la brochure de la S.N.C.F. : « La S.N.C.F. et l'Energie ».

	G. Blanc	C.F.F.		S.N.C.F.
Poids total roulant .....	38 t.	38 t.		38 t.
Charge utile maximum ...	24 t.	25 t.		24 t.
Parcours à vide .....	23,6 %	25 %	30 %	20 %
Parcours en charge :				
— à 20 % de charge ....			30 %	
— à 50 % de charge ....		25 %	20 %	
— à pleine charge .....	76,4 %	50 %	20 %	
Coefficient moyen de chargement en charge .....	100 %	83 %	51,4 %	
Charge moyenne sur l'ensemble du parcours .....	18,34	15,6	9	16,4
Consommation/100 km :				
— à vide .....		30 l	30 l	43 l
— à 20 % de charge ....			37 l	} 52,2 l
— à 50 % de charge ....		45 l	45 l	
— à pleine charge .....		58 l	58 l	
Moyenne .....	52 l			
Consommation moyenne à la t-k .....	0,028 l soit 23,2 gep.	0,0306 l soit 25,4 gep	0,045 l soit 37,4 gep	25,5 gep

Les calculs de M. Baumgartner (C.F.F.) aboutissent à une fourchette dont la dent haute (37,4 gep/tk) correspond à des conditions d'exploitation très défavorables pour la route (9 t de charge pour une capacité de 25 t).

Les trois autres chiffres 23,2 gep, 25,4 gep, 25,5 gep sont assez voisins.

Toutefois le chiffre de M. Blanc est peut-être un peu faible : en effet il n'a pas tenu compte dans son calcul de ce qu'un véhicule en charge n'était pas en moyenne, chargé au maximum. C'est pourquoi on peut sans doute considérer la consommation spécifique d'un maxicode de 38 t comme étant de l'ordre de 25 gep/t-km. Bien entendu, les conditions concrètes d'exploitation, notamment la distance de transport, pourront influencer le résultat par le biais du pourcentage des retours à vide.

A l'autre extrême, on peut considérer qu'une camionnette de livraison de 400 kg de charge utile consomme en ville :

— en charge sur 50 % d'un parcours de 100 km :

$$\frac{6 \text{ l/100 km}}{2} \times 1,35 \text{ (surconsommation en zone urbaine)} \times 1,3 \text{ (surconsommation due au chargement)} \text{ soit } 5,251.$$

— à vide sur 50 % du même parcours :

$$\frac{6 \text{ l/100 km}}{2} \times 1,35 = 4,051.$$

Consommation totale : 5,25 + 4,05 = 9,301.

Production : 400 kg × 50 km = 20 t-km.

$$\text{Consommation spécifique : } \frac{9,30 \times 0,73}{20} = 340 \text{ gep/t-km.}$$

La fourchette de consommation du transport routier serait donc de 25 à 350 gep/t-km.

## 2.2. La consommation spécifique des transports ferroviaires de marchandises

Selon la S.N.C.F., en 1973, la consommation spécifique du transport ferroviaire serait en France la suivante :

	Suivant distance de taxe Fer	Suivant distance routière (1)
Colis détail .....	80,6	91
Wagons isolés et rames .....	13,5	15,3
Trains complets .....	7,9	8
Moyenne wagons complets ..	11,6	12,6
Moyenne marchandises .....	12,5	13,6

gep/t-km

**Remarque :** Ces chiffres sont approximativement les mêmes que ceux de la Commission des Comptes des Transports de la Nation.

(1) Correctifs de distance : — détail wagons isolés et rames : 0,88 — trains complets : 0,997.

La consommation spécifique varie également selon la catégorie de trains. Un article de la Revue Générale des Chemins de Fer de décembre 1975 « L'énergie de traction électrique », par Marcel Bernard, fait état en 1968 d'une consommation en Wh/tkbr à l'entrée de sous-stations de :

	Courant continu	Courant 25 kV 50 hz	Moyenne
Train de messageries ...	25,4	22,9	24,4
Train de marchandises ..	15,2	13,9	14,7

Si l'on admet :

1) que le rapport  $\frac{tkbr}{tkbu}$  est uniforme et de 2,5 ;

2) qu'en traction diesel (selon la délégation à l'Energie), la surconsommation énergétique par rapport au courant 25 kV 50 hz serait de 13,7% (28,4 thermies pour 1000 tkbr pour des trains de marchandises directs en courant monophasé et 32,3 en traction diesel),

nous pouvons alors dresser le tableau suivant :

	Courant continu	Courant monophasé	Moyenne électrique	Diesel
Train de messageries ....	15,3	13,8	14,7	15,7
Train de marchandises ...	9,15	8,4	8,85	9,5

gep/t-km

Les trafics correspondants en 1974 furent les suivants (source S.N.C.F.) :

Trains de messageries : 38,6 milliards de tkbr ;

Trains de marchandises : 148,7 milliards de tkbr.

**Remarque** : Selon l'article de M. G. Blanc, déjà cité, ces consommations spécifiques correspondraient, pour le train de messageries, à des vitesses de 60 km/h.

### 2.3. La comparaison fer-route

Une comparaison ne peut être valable que s'il s'agit chaque fois d'un transport bien défini, de telle marchandise avec tel tonnage, et de tel point à tel autre.

Les chiffres précédents montrent que la consommation des transports de marchandises par voie ferrée, lorsqu'il s'agit de trains complets, de rames, ou même de wagons isolés est très nettement inférieure à la plus faible des consommations possibles par transport routier.

Reste à savoir s'il en est de même pour les transports de messageries.

Pour le faire, nous prendrons les hypothèses de l'article de G. Blanc, avec deux vitesses d'acheminement pour les trains de messageries : 60 km/h et 80 km/h.

En raisonnant dans le cas du courant continu, les consommations spécifiques sont les suivantes :

○ 60 km/h : 25,4 Wh/tkbr soit 15,3 gep/t-km ;

● 80 km/h : 31,25 Wh/tkbr soit 18,8 gep/t-km.

Ces consommations doivent être multipliées par  $\frac{1}{0,92}$  pour tenir compte des distances routières :

● 60 km/h : 16,6 gep/t-km ;

● 80 km/h : 20,4 gep/t-km.

En outre, G. Blanc, qui raisonne avec un parcours routier de 10 km à chaque extrémité et tient compte des manutentions, ajoute une consommation de 1,65 l de gasoil par tonne transportée par fer, soit 1,37 gep/t.

Rapportée à la distance effectuée par fer, cela donne dans son exemple (500 km) une majoration de la consommation du transport par fer de 16,5% dans un cas et 13,4% dans l'autre.

On arrive alors aux chiffres suivants :

• 60 km/h : 19,3 gep/t-km ;

○ 80 km/h : 23,1 gep/t-km.

Quant au transport routier de messageries, sa consommation unitaire par tonne-kilomètre est difficile à déterminer, mais elle est évidemment supérieure, et assez sensiblement, à celle d'un maxicode de 38 tonnes chargé à plein dans les deux sens. Elle est donc supérieure à 25 GEP par t-km.

En définitive, à condition de comparer des choses comparables, le transport routier de marchandises est toujours plus coûteux en pétrole que le transport ferroviaire de marchandises.

Il faut également rappeler que le trafic ferroviaire se fait surtout entre les embranchements particuliers par trains complets ou wagons complets et la supériorité du fer sur le plan des économies d'énergie est donc, dans la grande majorité des cas, tout à fait indiscutable.

#### Répartition du trafic en tonnes-kilomètres en 1974

	Milliards de t-k	En %
Embranchement sur embranchement .....	31,88	44
Embranchement sur gare .....	17,24	23,8
Gare sur embranchement .....	10,76	14,9
Gare sur gare .....	12,52	17,3
<b>Total .....</b>	<b>72,4</b>	<b>100</b>

Source : S.N.C.F.

## 2.4. Consommation spécifique de la voie d'eau

### Fourchette de consommation

Pour ce mode de transport la consommation spécifique à la tonne kilométrique est particulièrement variable puisqu'elle dépend :

- du matériel ;
- de la sinuosité de la voie d'eau ;
- du courant ;
- des conditions d'exploitation (importance du retour à vide) (1).

Diverses études, qui ne tiennent pas compte de l'énergie utilisée pour le pompage dans les écluses, permettent de situer la fourchette extrême qui serait de 4 gep/t-k (2) à 27 gep/t-k (3).

(1) Selon l'O.N.N., la consommation à vide serait égale à 75% de la consommation en charge ; ce chiffre est l'expression de deux phénomènes aux effets contradictoires : le moindre enfoncement du matériel d'une part et une plus grande vitesse de déplacement d'autre part.

(2) Chiffre cité dans l'étude du Cerlic de mars 1976 « Le prix de revient du poussage industriel en 1974 » pour un convoi de 5 300 t. en charge entre deux écluses.

(3) Automoteurs du Rhône. Source rapport du Conseil Général des Ponts et Chaussées.

## Consommation spécifique moyenne

Dans le tableau suivant, nous sommes partis de la consommation moyenne en charge, puis nous avons tenu compte des conditions moyennes d'exploitation (importance des retours à vide) (1) et enfin de l'allongement moyen des distances inhérent à certaines

voies d'eau (coefficient d'allongement par rapport à la route  $\frac{1}{0,725} = 1,38$ ) pour établir une consommation moyenne à la t-k corrigée :

Matériel	Consommation spécifique moyenne				
	En charge	à la t-k réelle (2)		à la t-k corrigée	
		parcours en charge		parcours en charge	
		Pourcentage $\frac{\text{parcours en charge}}{\text{parcours à vide}}$		Pourcentage $\frac{\text{parcours en charge}}{\text{parcours à vide}}$	
	100 %	40 %	100 %	40 %	
Automoteurs de 38,5 ....	10	17,5	13	24,1	17,9
Bateaux de rivière .....	9	16,5	12	22,7	16,5
Convois poussés .....	5,7	10		13,8	

gcp/t-km

En toute rigueur, il est certainement abusif d'utiliser le même coefficient d'allongement pour les différents types de matériel ; ainsi, ce coefficient d'allongement doit être en moyenne plus important pour les convois poussés, lesquels naviguent surtout sur la Seine, que pour les autres matériels ; faute de renseignements, il n'a pu être tenu compte de cette remarque dans la suite de cette note.

## 2.5. Comparaison fer-voie d'eau

### Comparaison fer-voie d'eau

Une comparaison entre fer et voie d'eau pour être valable doit être faite pour les transports de grandes masses (hydrocarbures, vracs divers) pour lesquels il y a concurrence.

Il s'agit donc de comparer les trains complets à la voie d'eau.

#### a) Comparaison trains complets-automoteurs de 38,5 m et bateau de rivière

La consommation moyenne pour un train complet étant de 8 grammes de pétrole par t-km, elle est inférieure à celle d'un automoteur, puisque ce dernier consomme 10 grammes par t-km ; ce chiffre de 10 grammes est en fait celui obtenu dans une hypothèse extrêmement optimiste et même utopique où tous les parcours se font à pleine charge, et où la longueur du parcours par voie d'eau est égale à celle du parcours par route.

#### b) Comparaison trains complets-convois poussés

Dans la situation actuelle où les convois poussés sont surtout nombreux sur la basse Seine, il semble bien qu'en moyenne les convois poussés consomment à la t-k davantage que les trains complets, au moins 13,8 g au lieu de 7 ou 8 g.

(1) Consommation à vide = 75 % consommation en charge.

(2) Source O.N.N.

Envisageons les cas limites les plus favorables à la voie d'eau :

— Convoi de 5 300 t.

Il consommerait en charge 4 g (1) à la t-k ; si on considère que le retour se fait généralement à vide et que la consommation à vide égale 75 % de la consommation en charge on arrive à une consommation spécifique à la t-k sur l'ensemble de la rotation de 7 g/t-k.

Mais il convient également de prendre en compte la voie elle-même. Or, aujourd'hui un tel convoi ne peut naviguer que sur de rares sections de voies navigables et notamment entre Elbeuf et Le Havre sur la Basse-Seine. C'est-à-dire que, rapportée à la distance routière, la consommation spécifique devient alors de l'ordre de 14 g/t-k.

Sur une telle voie, ce n'est donc que si le convoi faisait l'aller et le retour à pleine charge qu'il consommerait moins d'énergie que le train complet ; en fait, cela n'arrive pratiquement jamais.

— Convois poussés canal Dunkerque-Valenciennes :

Selon l'étude du Cerlic déjà citée, la consommation spécifique sur le canal Dunkerque-Valenciennes, compte tenu de l'effet de pistonement, serait légèrement supérieure à ce qu'elle est sur la Seine, soit 10,8 g/t-k (pour l'ensemble d'une rotation).

Dans ce cas aussi, le train complet paraît moins consommateur, dans les conditions habituelles d'exploitation. Toutefois l'écart entre les deux chiffres (de l'ordre de 3 grammes) est très sensible aux conditions d'exploitation ; il n'est pas impossible d'imaginer que le développement des voies navigables à grand gabarit permette une amélioration de la situation de sorte que dans certains cas le transport par voie d'eau soit sensiblement aussi avantageux que celui par train du point de vue des consommations d'énergie.

Il faut également ajouter que le transport par fer consomme de l'énergie électrique ce qui permet d'accroître l'indépendance par rapport aux produits pétroliers.

En définitive, et contrairement à ce qu'on pouvait penser a priori, le transport par voie d'eau n'est que très exceptionnellement plus avantageux en consommation que le transport ferroviaire, et il est habituellement plus gros consommateur.

La voie d'eau conserve néanmoins un net avantage par rapport aux parcours routiers.

## 2.6. Le transport par conduite

Pour ce mode de transport (principalement utilisé pour les hydrocarbures), la notion de consommation moyenne nationale a peu de valeur.

En effet, d'une part les conduites sont peu nombreuses et d'autre part la consommation à la t-km varie en fonction de la fraction utilisée du débit maximum de la conduite (lequel est lui-même fonction du diamètre de cette conduite, du produit et du profil).

C'est ainsi qu'un article de la revue O.T.P. Informations de septembre 1974 fournit, pour l'éventail des diamètres habituellement utilisés en France, les chiffres suivants :

	Fourchette	Moyenne
Diamètre 10 pouces (25,4 cm) .....	20 à 80 (1) 1,9 à 7,7 (2)	50 (1) 4,8 (2)
Diamètre 20 pouces (50,8 cm) .....	15 à 40 (1) 1,4 à 3,8 (2)	25 (1) 2,4 (2)

(1) En thermies pour 1 000 t-km.

(2) En gep/t-km.

(1) Consommation en charge. Etude CERLIC, mars 1976.

Ces chiffres concordent avec ceux qui sont généralement admis, notamment ceux du Battelle Institute :

Diamètre 1 pied .....	6,7
Diamètre compris entre 1 pied et 3 pieds .....	4,5
Diamètre supérieur à 3 pieds .....	2

1 pied = 12 pouces.

(en gep/t-km)

De toutes façons, on constate que la consommation par tonne kilométrique est beaucoup plus faible que pour tous les autres modes de transport terrestre.

#### *L'extension de l'utilisation à d'autres produits*

Selon certains experts, le transport par conduite de produits solides en suspension dans l'eau est possible, il conduirait à une consommation à la t-km de 2,5 fois supérieure à celle qu'on constate pour les hydrocarbures. C'est-à-dire qu'il s'agirait du mode de transport terrestre le plus économe dès que le diamètre de la conduite dépasserait 3 pieds.

## 2.7. Les transports maritimes

Il est impossible d'établir une moyenne de consommation à la t-km par type de navires, lesquels sont construits à l'unité. Par contre il est possible de donner quelques indications sur les consommations énergétiques observées sur certains navires.

#### *— Les super-pétroliers (source S.G.M.M.)*

— 540 000 t : 0,5 gep/t-km ;

— 250 000 t : 1 gep/t-km.

On peut en déduire que la fourchette de consommation semble se situer pour les super-pétroliers de 100 000 à 500 000 t de 0,5 à 2 gep/t-km.

L'Institut Battelle reprend quant à lui une consommation de 2 gep/t-km pour un « supertanker » sans autre précision.

#### *— Les porte-containers*

Selon le S.G.M.M., ils consommeraient en charge :

— Porte-containers de 1 500 containers (type Kangourou) :

o 7,2 à 10,8 gep/tkm.

— Porte-containers de 2 500 containers :

o 8 à 12,5 gep/t-km.

Ces chiffres sont à comparer avec ceux d'un cargo classique de 15 000 t, lequel consommerait 5,2 gep/t-km.

Un méthanier de 40 000 m<sup>3</sup> aurait à peu près la même consommation spécifique : 5,35 gep/t-km.

### **III - La répartition modale des transports**

## 1. LA RÉPARTITION MODIALE DES TRANSPORTS DE VOYAGEURS

### 1.1. Tendances à long terme des déplacements non urbains

La majorité des déplacements de personnes se faisait déjà en voitures particulières en 1959. La croissance ayant été beaucoup plus rapide pour ce type de déplacements que pour les autres (+ 66 % en 15 ans de 1959 à 1974 pour les rapides et express S.N.C.F., 175 % pour les voitures), les déplacements sont réalisés actuellement à plus des 4/5 en voitures particulières. Les tableaux suivants donnent l'évolution des différents trafics sur une longue période.

S.N.C.F. - Trafic de voyageurs

Année	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
En millions de voyageurs :																		
Banlieue de Paris .....	316	318	319	318	338	350	363	374	380	358	380	387	389	404	397	411	418	436
Rapides - Express .....	} 252	252	257	261	261	258	257	254	243	221	227	62	70	76	77	81	82	239
Omnibus .....												164	148	145	146	150	152	
Banlieue de province (14 villes) (1) .												(52)	(50)	(50,5)	(51)	(52)	(52,5)	
Total .....	568	570	576	579	599	608	620	628	623	579	607	613	607	625	620	642	658	675
En milliards de v-km :																		
Banlieue de Paris + parcours terminaux .....	4,54	4,58	4,62	4,72	5,09	5,35	5,61	5,83	6,02	5,74	6,18	6,37	6,51	6,97	6,88	7,21	7,39	7,72
Rapides - Express .....	21,45	21,51	22,98	24,85	25,42	26,11	26,46	26,68	26,67	24,98	27,77	29,47	30,13	31,95	33,40	35,56	38,74	39,20
Omnibus (fer + route) .....	5,97	5,95	6,00	6,18	6,25	6,35	6,21	5,89	5,68	5,15	5,19	5,14	4,50	4,31	4,42	4,54	4,57	4,57
dont route .....							(0,02)	(0,03)	(0,04)	(0,04)	(0,07)	(0,14)	(0,18)	(0,22)	(0,23)	(0,25)	(0,25)	
dont fer .....							(6,19)	(5,86)	(5,64)	(5,11)	(5,12)	(5,00)	(4,32)	(4,09)	(4,19)	(4,29)	(4,32)	
Banlieue de province (14 villes) (1) .							(1,37)	(1,35)	(1,28)	(1,18)	(1,19)	(1,19)	(1,13)	(1,14)	(1,13)	(1,18)	(1,2)	
Total .....	31,06	32,04	33,60	35,75	36,76	37,81	38,28	38,40	38,37	35,87	39,14	40,98	41,14	43,23	44,70	47,31	50,7	51,5

(1) Le trafic Banlieue de Province est compris dans le trafic « Rapide-Express » et dans le trafic « Omnibus ».

### Transports Individuels

#### Parc en service de voitures particulières

Année .....	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Indice base 100 en 1959 .....	100	110,5	122,7	139,6	157,4	175,3	191,3	207,2	223,2	235,1	247,1	257,0	267,0	276,9	288,9	300,0	306
Millions de véhicules .....	5,0	5,5	6,2	7,0	7,9	8,8	9,6	10,4	11,2	11,8	12,4	12,9	13,4	13,9	14,5	15,0	15,3

#### Immatriculations de voitures particulières neuves

Année .....	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Indice base 100 en 1959 .....	100	113,0	127,1	162,2	185,3	186,2	187,0	214,0	217,7	219,3	241,6	229,4	259,8	289,7	308,8	269,9	262,3	328,8
Milliers de véhicules .....	565	639	719	917	1 052	1 053	1 057	1 209	1 230	1 239	1 365	1 296	1 469	1 637	1 746	1 525	1 482	1 858

#### Indice de la circulation motorisée sur les routes nationales

La base de référence ayant changé plusieurs fois, en particulier à cause du changement du réseau de référence, les diverses séries sont données ci-dessous :

Année .....	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Indice base 100 en 1960 .....	100	112	123	132	148	160	173	186	197	208							
Indice base 100 en 1965 .....	62	69	77	83	92	100	108	117	124	132	139	146	154	158	156		
Indice base 100 en 1970 .....									88	96	100	107	113	120	117	121	125

#### Indice de la circulation motorisée sur l'ensemble des autoroutes

	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Indice base 100 en 1970 .....	79	90	100	113	128	141	142	155	164

**Transports aériens**

Passagers (milliers)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Air-France .....	2 707	3 056	3 357	3 449	3 483	3 801	4 084	4 537	4 928	4 592	5 662	6 135	6 387	7 327	7 691	7 593	8 039	8 635
U.T.A. ....	261	288	322	294	269	221	229	259	255	294	331	363	388	427	470	549	626	676
Air-Inter .....	—	—	81	195	319	491	749	1 110	1 466	1 639	2 278	2 655	2 833	3 613	3 871	4 107	4 583	5 130

Passagers-km (millions)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Air-France .....	3 526	4 049	4 775	5 104	5 255	5 866	6 347	7 414	8 234	7 748	9 488	10 657	10 980	13 607	15 366	16 880	17 917	19 258
U.T.A. ....	768	872	1 118	1 004	936	910	1 067	1 299	1 406	1 688	1 778	1 981	2 100	2 344	2 692	3 074	3 421	3 595
Air-Inter .....	—	—	42	90	153	237	352	530	707	805	1 121	1 301	1 391	1 792	1 931	2 062	2 333	2 587

⊗ La compagnie U.T.A. a été créée en 1963, par fusion des compagnies U.A.T. et T.A.I. Jusqu'à cette date, les résultats donnés sont la somme des résultats U.A.T. et T.A.I.

## 1.2. Structure des déplacements de personnes et évolution récente

### Déplacements non urbains en 1973

#### Répartition entre modes et évolution récente

Mode	Milliards de voyageurs/km	Répartition	Taux de croissance en %			
			1970-1973	1974	1975 (P)	1976
Voiture particulière ....	300 (1)	81,2	5	0	4	
Deux-roues .....	7 (1)	1,9	—	—	—	
Autocars .....	22 (1)	5,9	—	—	—	
<b>Sous-total Route .....</b>	<b>329 (1)</b>	<b>89,1</b>	—	—	—	
Omnibus .....	4,3 (2)	1,2	— 6	+ 4,7	+ 1,3	0
Express et rapides ....	33,6 (2)	9,1	+ 4,4	+ 6,3	+ 8,8	+ 1,2
<b>Sous-total Fer .....</b>	<b>37,9 (2)</b>	<b>10,3</b>	+ 3	+ 6,1	+ 8	+ 1,1
Aérien intérieur .....	2,4 (3)	0,6	+ 12,4			
dont Air-Inter .....	1,9 (3)	0,5	+ 14,2	+ 6,8	+ 13,1	+ 10,8
<b>Total .....</b>	<b>369,3</b>	<b>100</b>				

A ces chiffres, il conviendrait de rajouter le trafic maritime Continent-Corse qui a porté sur plus de 800 000 passagers en 1973, trafic qui croît à un taux moyen annuel de près de 10 % par an depuis 10 ans.

Une certaine incertitude pèse sur le chiffre indiqué ici pour la voiture particulière : la Commission des Comptes des Transports de la Nation évalue le trafic hors agglomération de moins de 5 000 habitants à 270 milliards de passagers-kilomètres pour l'année 1973.

Cette incertitude n'enlève rien à la constatation, qui ressort du tableau, de l'énorme masse de déplacements interurbains effectués en voiture particulière.

L'accélération de la croissance des transports ferroviaires de voyageurs depuis 1973 mérite également d'être remarquée.

### Déplacements urbains

Les chiffres suivants ont une fiabilité inégale. Les chiffres concernant le trafic de passagers circulant en voiture particulière doivent être considérés comme de simples évaluations.

(1) Evaluation D.R.C.R.

(2) Source S.N.C.F.

(3) Source 12<sup>e</sup> rapport de la Commission des Comptes des Transports de la Nation.

### Estimation du trafic en région parisienne

	Voyageurs (millions)	%	Voyageurs-kilomètres (milliards)	%
Méto et R.E.R. ....	1 250	18,4	7,25	15,2
S.N.C.F. banlieue ....	450	6,6	7,13	14,8
R.A.T.P. surface ....	530	7,8	2,15	4,5
Réseau A.T.P.R. ....	90	1,3	0,9	1,8
V.P. ....	3 612	53,5	27,1	56,6
Deux-roues ....	842	12,4	3,4	7,1
<b>Total</b> .....	<b>6 774</b>	<b>100</b>	<b>47,93</b>	<b>100</b>

### Estimation du trafic dans les 200 agglomérations susceptibles de disposer d'un réseau de transports en commun

	Voyageurs (millions)	%	Voyageurs-kilomètres (milliards)	%
Réseau de surface ....	1 000	20,1	4	15,3
S.N.C.F. banlieue ....	52	1	1,2	4,6
V.P. ....	2 550	51,1	15,3	58,6
Autres ....	1 400	28,1	5,6	21,5
<b>Total</b> .....	<b>5 002</b>	<b>100</b>	<b>26,1</b>	<b>100</b>

## 2. LES TRANSPORTS DE MARCHANDISES

### Evolution sur une longue période

Les transports de marchandises ont connu depuis une quinzaine d'années une forte expansion, avec un doublement de leur volume en tonnes ou en t-km. Mais la répartition entre modes s'est profondément modifiée en faveur de la route qui assurait en 1959 environ 30% du total et en 1974 plus de 47%.

### Transports Intérieurs de marchandises

(en millions de tonnes)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976 P.
S.N.C.F. (1) .....	213	227	230	231	240	248	239	233	229	229	242	248	237	242	253	261	216	215
Route > 50 km .....	133	158	152	154	169	191	215	255	260	271	305	319	318	336	428	456	360	
Navigation fluviale (transit exclu) .....	57	61	64	64	69	79	83	86	91	95	103	102	100	103	102	101	87	86
Oléoducs (transit exclu) .....				29	34	41	47	52	62	67	79	96	102	110	119	107	94,5	
Total .....	403	446	446	478	512	559	584	626	642	662	729	765	757	791	902	925	757,5	
Route (— 50 km) ...	676	709	710	790	815	1 010	1 016	1 064	1 005	1 118	1 199	1 245	1 094	1 103	1 293	1 209	1 170	

(en milliards de t/km)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976 P.
S.N.C.F. (1) .....	53,4	56,9	58,8	61,2	63	65,3	64,6	64,1	62,9	62,5	66,7	69,3	65,8	67,0	71,8	75,3	57,8	67,6
Route < 50 km .....	19,8	23,4	22,4	24,4	27,5	31,1	35,6	40,9	41,9	43,6	50,0	52,2	54,4	58,4	72,6	77,3	70	
Route > 50 km .....	6,6	7,2	7,4	8,5	9,6	10,6	11,3	11,6	11,8	12,2	13,3	14,7	13,8	14,4	17,4	17,4	16	
Navigation fluviale (transit exclu) .....	8,2	9,5	10,0	9,9	9,9	11,3	11,3	11,4	11,7	12,3	13,3	12,7	12,6	13,1	12,6	12,4	10,6	10,9
Oléoducs (transit exclu) .....				0,4	4,0	6,4	7,6	8,1	9	9,5	11,4	14,5	17	18,7	20,3	18,7	18,1	19,6
Total .....	88,0	97,0	98,6	104,4	114,0	124,7	130,4	136,1	137,3	140,6	154,7	163,7	163,6	171,6	194,7	201,1	172,5	

(1) Non compris les wagons de particuliers vides.

### Évolution récente

Le tableau suivant donne la structure actuelle du transport de marchandises et son évolution récente.

	1973	1974	1975 (P.)	Taux de croissance annuel en %		
				Moyenne 1970/1973	1974/1973	1975/1974
<i>Tonnage transporté</i> (en millions de tonnes)						
Fer S.N.C.F. (1) .....	253	261	216	+ 0,6	+ 3,2	— 17
Route (+ de 50 km) public et privé .....	428	456	360	+ 10	+ 6,5	— 21
Route (— de 50 km) public et privé .....	1 293	1 289	1 170	+ 1,3	— 0,3	— 9
Navigation intérieure (transit exclu) .....	101,5	101,1	87	+ 0	+ 0,4	— 13,8
Transit rhénan - navi- gation intérieure .....	(7,4)	(8,2)	(7,9)	(— 2,6 %)	(+ 1,1)	(— 3,6)
Oléoducs (transit ex- clu) .....	119	107,2	94,5	+ 7,5	— 9,9	— 11,8
Transit oléoduc sud- européen .....	(22,4)	(21,8)	(18,8)	(+ 5)	(— 2,7)	(— 13,7)
Total transits exclus ..	2 195	2 214	1 840	+ 3	+ 0,8	(— 17)
<i>Tonnage kilométrique</i> (en milliards de t/km)						
Fer S.N.C.F. (1) .....	71,84	75,31	57,8	+ 1,2	+ 4,8	— 18
Route (+ de 50 km) public et privé .....	72,6	77,3	70	+ 11,7	+ 6,5	— 9,4
Route (— de 50 km) public et privé .....	17,4	17,4	16	+ 5,7	0	— 8
Navigation intérieure (transit exclu) .....	12,6	12,4	196	0	— 1,6	— 14,5
Transit rhénan - navi- gation intérieure .....	(1,2)	(1,3)	(1,3)	(— 7,8)	(+ 8,3)	0
Oléoducs (transit ex- clu) .....	20,3	18,7	18,1	+ 12	— 7,9	— 3,2
Transit oléoduc sud- européen .....	(16,9)	(16,1)	(12,9)	(+ 6,3)	(— 4,9)	(— 19,8)
Total (transits ci-des- sus exclus) .....	194,74	201,11	162	+ 6	+ 3,3	— 19,4

Source : Commission des Comptes Transports de la Nation

(1) Ces chiffres comprennent les transports en service, mais ne comprennent ni les transports que la S.N.C.F. fait effectuer par route ni les acheminements de wagons de particuliers vides.

Le tableau suivant donne une indication supplémentaire sur la répartition du trafic en tonnage par tranches de distance en 1974 (Source 13<sup>e</sup> rapport de la Commission des Comptes des Transports de la Nation).

**Part du rail et de la route par coupures de distances (non corrigées)**

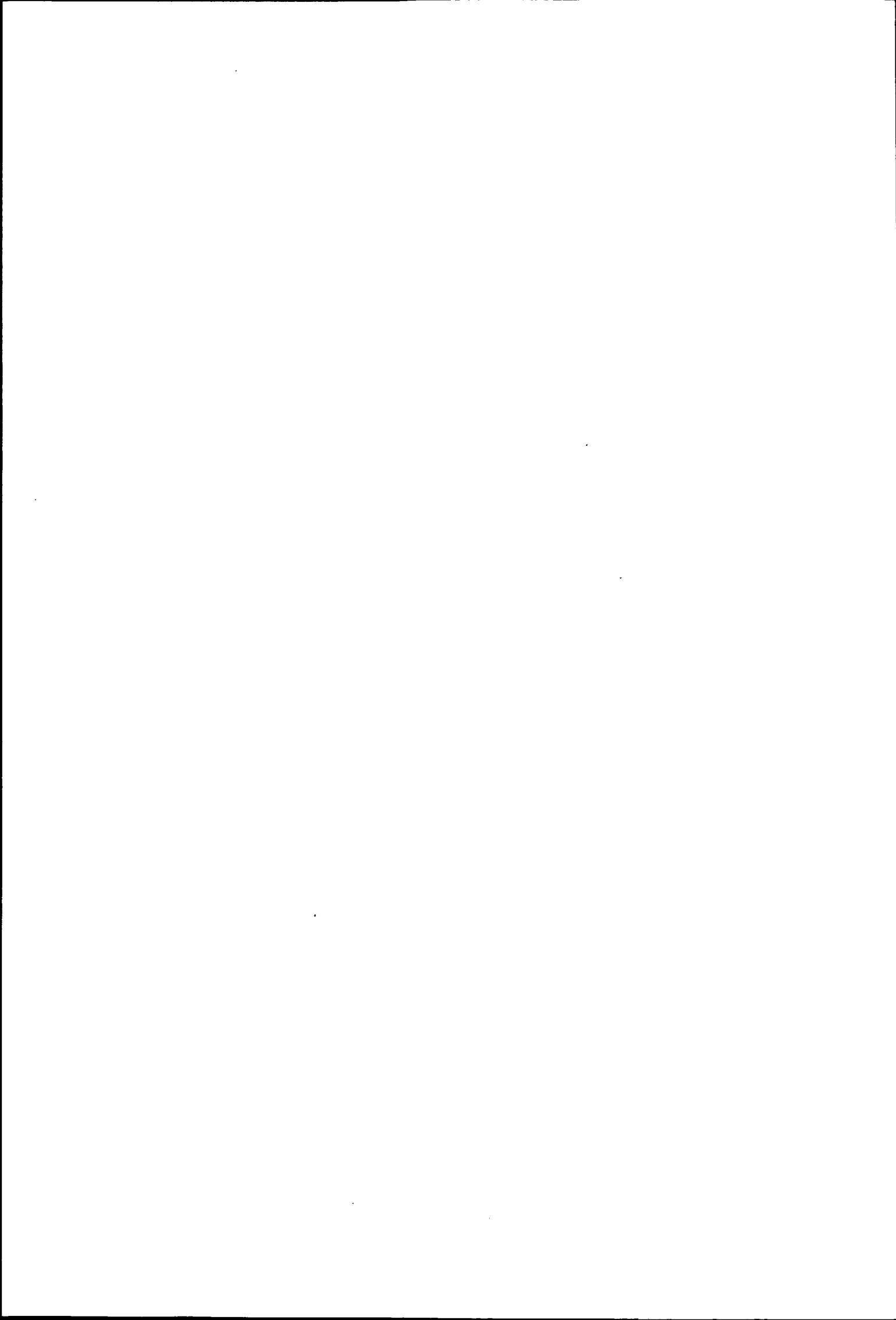
Selon les coupures de distance, les parts du rail et de la route dans le total rail + route sont les suivantes (distances non corrigées, trafic S.N.C.F. taxé, non compris les transports en service, les wagons de particuliers vides et le trafic routier affrété et le trafic de détail).

Désignation des coupures de distances	Fer		Route		Fer + route		Part de la route en %	
	1974 en 10 <sup>9</sup> t-km	Variat. 1974/73 en %	1974 en 10 <sup>9</sup> t-km	Variat. 1974/73 en %	1974 en 10 <sup>9</sup> t-km	Variat. 1974/73 en %	1965	1974
0 à 49 km ....	1,13	+ 2,7	17,43	—	18,56	+ 0,3	91	93,9
50 à 149 km ..	4,83	— 1,0	22,32	+ 6,8	27,19	+ 5,5	70	82,2
150 à 299 km .	11,78	+ 3,4	17,70	+ 1,7	29,49	+ 2,3	45	60,0
300 à 399 km .	9,05	+ 2,5	7,31	+ 2,9	16,36	+ 2,9	31	44,7
400 km et plus	46,25	+ 5,9	30,01	+ 10,3	76,26	+ 7,6	24	39,4
Total .....	73,04	+ 4,5	94,77	+ 5,3	167,81	+ 5,0	42,1	56,5

Par rapport à 1973, on constate que la progression la plus importante concerne le trafic à longue distance (400 km et plus) ; ce trafic s'est accru en valeur absolue de 10% et, en pourcentage, deux fois plus vite par route que par fer, confirmant ainsi la tendance précédente.

**Annexe 2**

**LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE  
DANS LES TRANSPORTS**



**I - Appréciation de l'opportunité des mesures  
visant à économiser l'énergie**

Pour faire un choix entre les diverses mesures susceptibles de procurer des économies d'énergie et de pétrole, il est nécessaire de se donner des critères d'appréciation, permettant de comparer les coûts et les avantages de chacune, et de décider si en définitive elle est opportune.

Une première observation s'impose : dans de nombreux cas, il est pratiquement impossible de prévoir la quantité exacte de pétrole qui pourra être économisée à la suite de telle ou telle mesure, et un calcul économique précis ne peut donc être fait. On a dès lors utilisé le système des fourchettes, avec des estimations parfois très écartées l'une de l'autre ; et bien souvent on a raisonné en comparant le minimum des avantages avec le maximum des coûts.

Comme toujours dans de tels cas, l'idéal serait de trouver un critère de choix unique, qui permettrait de définir un classement incontestable de l'opportunité des diverses mesures envisagées, critère qui serait alors celui du bilan économique pour la collectivité nationale, ou, autrement dit, de la maximisation de l'utilité collective. Mais cet idéal est, comme bien souvent, pratiquement inaccessible, parce que l'on ne sait pas quantifier une grande partie des avantages prévisibles. La réalité est plus complexe que nos calculs, et on en approche plus près en utilisant plusieurs critères qu'un seul.

Dans le cas présent, on peut essayer de regrouper les critères de choix en trois catégories :

- le bilan économique pour la collectivité nationale, où l'on évaluera les dépenses et les gains correspondant à la mesure envisagée ; on fait maintenant entrer dans ce critère le plus grand nombre possible de facteurs, même lorsque ceux-ci n'étaient pas a priori quantifiables (valeur du temps gagné, coût des blessures ou des morts, ...),
- l'indépendance nationale, d'où résulte la nécessité pour la France de trouver sur son sol une proportion aussi grande que possible de ses sources d'énergie, ou en tout cas de ne pas dépendre d'un trop petit nombre de pays pour son approvisionnement,
- la qualité de la vie.

Nous aborderons successivement ces trois points, non sans avoir fait préalablement quelques remarques.

Le rapport joint et ses annexes montrent que les mesures proposées par nous pour économiser l'énergie ou le pétrole sont toujours en outre favorables à l'indépendance nationale et à la qualité de la vie. Cela vient du fait que nous nous sommes placés dans une perspective modérée, pénurie pas trop grave de pétrole, prix à l'importation pas sensiblement supérieurs aux prix actuels ; nous avons donc pu éviter de proposer des mesures rigoureuses, dont la somme des effets indirects eut été nuisible à la qualité de la vie ou à l'indépendance nationale, comme par exemple une forte restriction autoritaire de la circulation routière. Sans doute certaines des mesures requises ont-elles des incidences a priori défavorables sur ces plans, mais les incidences favorables sont toujours plus importantes et la balance reste positive ; on peut le vérifier dans chaque cas. Pour n'en donner qu'un exemple, il est bien évident que les transports collectifs urbains font du bruit, occupent de l'espace, et pour certains émettent des gaz brûlés, mais les mêmes déplacements effectués en voitures individuelles font plus de bruit, occupent plus d'espace, et créent plus de pollution.

De ce fait, lorsque le bilan pour la collectivité nationale sera positif, une mesure permettant d'économiser de l'énergie ou du pétrole sera toujours bénéfique, et devra être adoptée, puisque les avantages non quantifiables seront positifs et viendront s'ajouter à l'avantage global défini dans le bilan pour la collectivité nationale.

Il pourra se produire dans d'autres cas que le bilan économique pour la collectivité nationale, calculé selon les normes habituelles, soit légèrement négatif, et que pourtant la mesure soit utile, parce que les avantages non quantifiables en matière d'indépendance nationale ou de qualité de la vie l'emporteront manifestement sur les inconvénients quantifiés.

## **INSERTION DE LA POLITIQUE DE L'ÉNERGIE DANS LA POLITIQUE ÉCONOMIQUE GÉNÉRALE**

Une chose très frappante, qui nous est apparue de plus en plus nettement au fur et à mesure de notre étude, est que les mesures les plus efficaces à prendre pour économiser l'énergie ou le pétrole, sont, en fait, des mesures dont l'adoption a été jugée souhaitable, ou est souhaitable, sans tenir compte de la nécessité d'économiser le pétrole ou l'énergie, pour des motifs très importants touchant à d'autres domaines.

C'est ainsi par exemple que les limitations de vitesse des voitures particulières et des camions, qui sont utiles pour diminuer la consommation de pétrole, ont été d'abord décidées pour des raisons impératives de sécurité. Les économies d'énergie qui en résultent sont simplement une raison de plus de maintenir ces limites.

De même, bien avant la crise du pétrole, tous les responsables avaient pris conscience de la nécessité absolue d'adopter et de mettre en œuvre très vigoureusement une politique nouvelle de déplacements urbains, sous peine d'aboutir à une paralysie de la vie urbaine, à une pollution de l'air insoutenable, à un niveau de bruit dangereux pour la santé... Cette politique est donc indispensable, en dehors de toute considération relative aux économies de pétrole. La crise du pétrole n'est qu'une raison de plus, importante sans doute, de suivre et de renforcer cette politique.

## **BILAN ÉCONOMIQUE POUR LA COLLECTIVITÉ**

L'amélioration du bilan économique pour la collectivité est le but essentiel que se proposent les économistes, et les responsables, quand il s'agit de choisir entre les diverses mesures que l'on peut envisager pour conduire l'économie nationale.

Il y a, en tout cas, une chose indispensable ; ne pas adopter des méthodes de choix des investissements qui entraînent une diminution de l'utilité collective, par suite d'une distorsion entre les méthodes adoptées dans des domaines différents. L'étude a mis en lumière ce problème, et la nécessité de modifier les errements actuellement en vigueur.

Dans un certain nombre de cas, et par exemple pour le style de conduite des voitures et leur mode d'usage et d'entretien, l'étude a montré que le bilan économique pour la collectivité des mesures proposées était très nettement positif, indépendamment de toute considération d'indépendance nationale ou de qualité de la vie. Il n'y avait dès lors aucune hésitation à considérer ces mesures comme utiles et même indispensables. Quant aux opérations d'électrification de lignes ferroviaires, il n'y a aucun doute sur l'intérêt de celles qui ont un bilan financier positif pour la S.N.C.F., le bilan économique pour la nation étant alors très largement positif, compte tenu des avantages supplémentaires que la S.N.C.F. ne peut introduire dans son bilan. D'autres électrifications, tout en ayant une rentabilité financière pour la S.N.C.F. inférieure au seuil fixé de 13 %, peuvent avoir une rentabilité économique satisfaisante pour la nation, et il est indispensable, pour prendre de bonnes décisions en la matière, d'évaluer tous les avantages correspondants.

## **Mode d'évaluation des avantages**

Pour certaines des mesures, le problème s'est posé de savoir à quel prix il fallait comptabiliser le pétrole consommé, sous forme d'essence et de super par exemple, pour évaluer les avantages correspondants.

En fait, si certaines mesures, comme par exemple les conseils donnés aux automobilistes pour adopter un autre style de conduite, entraînent une économie de pétrole, il faut compter comme économie pour la nation, non pas le prix de l'essence ou du super carburant à la pompe, mais ce prix diminué des taxes qui pèsent sur le prix du carburant. En effet, ces taxes ne constituent pas une dépense pour la nation, puisqu'elles retournent à l'Etat, qui peut les dépenser ensuite utilement pour un certain nombre de prestations distribuées aux citoyens. On a donc adopté pour ces calculs le prix différentiel défini ci-dessus, qui peut être aussi défini comme le prix de reprise en raffinerie, auquel on ajoute les frais de mise en place et de distribution. Les chiffres obtenus sont les suivants (1) :

— essence auto (en F/l) .....	0,77
— super-carburant (en F/l) .....	0,85
— gasoil (en F/l) .....	0,63
— fuel lourd (en F/tonne) .....	320

### Dépenses de l'Etat et gains des usagers

Dans plusieurs cas, le coût de la mesure envisagée est constitué, en tout ou partie, par des dépenses de l'Etat, alors que les avantages vont essentiellement aux ménages ou aux entreprises.

Compte tenu de la difficulté d'augmenter les impôts, et de l'aversion des Français pour la fiscalité de l'Etat, les services économiques des Administrations ont coutume de considérer qu'il y a une désutilité de l'impôt. Cela conduit à admettre que, pour justifier une dépense de l'Etat de 100 F, il faut un gain total pour la nation assez nettement supérieur, par exemple de 20 à 30% ; ou que, dans le bilan pour la nation, il faudrait multiplier le coût pour l'Etat par un coefficient pouvant atteindre 1,2 ou 1,3 ; ou enfin que le taux de rentabilité immédiate choisi comme seuil devrait être plus élevé lorsque les fonds nécessaires sont fournis par l'Etat.

En fait, dans les cas précis qui se sont posés à nous, la différence entre les coûts et les avantages était largement suffisante pour qu'il n'y ait pas d'hésitation (notamment pour la formation et l'information des usagers de voitures particulières ou de poids lourds).

### L'INDÉPENDANCE NATIONALE

Pour des raisons structurelles, l'équilibre de ses échanges extérieurs, et les besoins de son approvisionnement en devises étrangères posent des problèmes à la France depuis bien des années. La crise du pétrole survenue en 1973, en quadruplant le coût des carburants à l'importation, n'a fait qu'aggraver cette situation.

Dans ces conditions, on peut être tenté de penser que des efforts nationaux tout particuliers sont utiles pour atteindre l'équilibre de nos échanges extérieurs, et qu'en conséquence il est parfois logique de dépenser plus d'un franc à l'intérieur pour éviter une dépense d'un franc à l'extérieur. On sait aussi quels graves dangers recèlerait une application sans nuance d'une telle politique, augmentation des coûts de production, réduction de la productivité nationale, mesures protectionnistes déguisées, diminution de l'utilité collective. Il faut donc aborder la question avec réalisme et prudence, sans se cacher tout de même qu'il y a effectivement problème.

Dans l'évaluation des économies de devises, il faut également prendre beaucoup de précautions. Une mesure donnée peut avoir des effets directs sur la consommation de pétrole et sur les achats de devises, mais provoquer en même temps des effets indirects dans d'autres domaines, effets générateurs de dépenses supplémentaires en devises. C'est ainsi par exemple que la réduction des vitesses des navires, tout en procurant de fortes économies de pétrole, entraîne la nécessité de faire naviguer un plus grand

(1) Prix calculés en septembre 1976.

nombre de navires et de marins, et, par voie de conséquence, des dépenses supplémentaires de devises pour le cuivre, certains métaux indisponibles en France, etc. Le tout est de voir chaque fois si ces effets indirects sont forts ou faibles par rapport à l'avantage direct.

De façon différente, une mesure qui réduit purement et simplement la consommation de pétrole pour un déplacement donné, comme l'amélioration du style de conduite, diminue la dépense faite par l'utilisateur, et libère donc pour lui des ressources financières supplémentaires, qu'il va dépenser sur le marché. La part de devises à payer pour ce pétrole, qu'il s'agisse de l'essence ou du super-carburant pris dans les stations service, est de l'ordre de 17% du prix au détail. Si l'utilisateur économise 100 F grâce à ces mesures, il va les dépenser pour d'autres biens, pour lesquels la part de devises nécessaires dépassera souvent 17%. Mais, en réalité, l'économie faite sur la consommation diminue fortement les recettes de l'Etat ; pour faire face à ses besoins, supposés inchangés, l'Etat devra se créer des ressources nouvelles équivalentes. Si pour se procurer ces ressources, l'Etat accroît ses impôts directs et indirects, il diminue du montant de ces impôts le revenu des usagers. Tout se passe alors comme si le revenu des usagers n'était augmenté que de l'équivalent du montant hors taxe de l'essence économisée. Comme la part du coût en devises dans le coût de l'essence à la pompe, taxes de l'Etat exclues, est largement supérieure à 30%, taux plus élevé que la part des devises dans la moyenne des achats des particuliers, il y a effectivement économie en devises, en même temps que gain pour les ménages, et gain pour l'économie nationale.

Dans les cas où il y a une économie nette de pétrole sans augmentation de consommation d'autres matières ou matériels, on peut considérer qu'avec des conditions de vie inchangées, la nation consomme moins de devises, et il y a donc là un avantage certain.

## Devises et pétrole

Si, pour la France, les devises sont toujours un bien rare, cela est plus vrai encore du pétrole. Le problème des devises vaut pour les relations de la France avec l'ensemble des pays étrangers, alors que la France importe son pétrole d'un petit nombre de pays, et il est clair qu'il est toujours plus ennuyeux de dépendre d'un petit nombre de pays que d'un grand nombre.

Au surplus, à très long terme, les perspectives d'approvisionnement en pétrole ne sont probablement pas très favorables.

## Le prix de référence du pétrole

On sait que, pour tenir compte de la relative abondance ou rareté d'un produit donné, et du cas où le prix réel pratiqué sur le marché n'est pas conforme à celui qui résulterait d'une fluidité parfaite des échanges dans un monde économique théorique, les économistes ont pris l'habitude de faire des calculs de rentabilité ou d'opportunité en attribuant à ce produit un « prix de référence ».

Pour le pétrole, où les fluctuations de prix ont été très violentes en 1973-1974, et où elles risquent de l'être encore dans les années prochaines, le Gouvernement a jugé nécessaire de fixer un tel prix, afin que les décisions à prendre dans ce domaine restent stables, et conformes aux vues d'une politique à long terme visant à réduire la dépendance nationale en matière d'énergie. Ce prix a été fixé à 300 F par tonne de pétrole brut livré dans les ports français, en francs du 1<sup>er</sup> janvier 1974, soit environ 400 F par tonne en juillet 1976. Il a été choisi dans une perspective à long terme.

Ce prix est très supérieur aux prix pratiqués avant 1972, mais légèrement inférieur aux prix réels actuels.

Pour chiffrer les économies en devises, nous avons partout adopté ce prix moyen de 400 F par tonne bien que, dans l'état actuel des choses, il soit plus avantageux (comme cela est indiqué dans l'appendice joint) d'économiser une tonne de carburant léger qu'une tonne de fuel lourd. Nous avons pris cette position en raison de l'incertitude à moyen et à long terme sur les techniques de raffinage et sur les besoins respectifs des divers types d'usagers.

## Les attitudes des agents économiques

Etant donné que le prix réel actuel sur le marché français est supérieur au prix de référence, si tous les agents économiques, ménages, entreprises, sociétés nationales et pouvoirs publics agissaient en tenant compte du prix du marché et en supposant qu'il se maintienne à long terme, les décisions ainsi prises suffiraient, sans autre influence, à tenir compte du prix de référence que s'est fixé le Gouvernement.

En fait, l'observation des agents économiques et de leurs décisions montre que la plupart d'entre eux ne prennent pas toutes les décisions économiques qui seraient justifiées par ce prix actuel du pétrole et son maintien à long terme. Il peut y avoir à cette attitude plusieurs raisons, parfois un manque de moyens d'investissements du fait de l'encadrement du crédit, l'insuffisance de l'information économique de chacun, l'action des usagers individuels mal informés sur les décisions des constructeurs, et surtout l'impression, consciente ou inconsciente, que le prix du pétrole baissera plus ou moins fortement à moyen terme.

Dans la mesure où l'Etat français estime que les perspectives à long terme et la volonté d'indépendance nationale rendent nécessaire une politique d'économie du pétrole, il est donc légitime, et même indispensable, que l'Etat vienne infléchir certaines décisions des agents économiques, et cela dans toute la mesure où l'ensemble des décisions prises par ces agents et par l'Etat reste logique avec un prix de référence du pétrole de l'ordre de 400 F par tonne en 1976.

Prise sous un autre aspect, la politique définie par l'Agence pour les Economies d'Energie consiste à accepter une limite de 2 000 F d'investissements par tonne de pétrole économisé par an dans l'industrie, limite qui est apparue un peu élevée à la Commission du VII<sup>e</sup> Plan pour l'énergie mais qui constitue néanmoins un bon repère.

## Intérêt comparé des économies sur diverses sources d'énergie

Du point de vue de l'indépendance nationale, il est évidemment beaucoup plus urgent d'économiser le pétrole que les autres sources d'énergie ; d'une part en effet nos ressources propres en pétrole sont quasiment nulles ; d'autre part, notre approvisionnement en uranium ou en charbon peut se faire dans d'autres pays, et vient ainsi diversifier nos fournisseurs, donc diminuer notre dépendance. Sur le plan mondial du reste, les perspectives vont dans le même sens, puisque le pétrole deviendra rare bien avant les autres sources d'énergie, et peut-être d'ici quelques décennies.

Or, pour les transports, dans l'état actuel des techniques, et sans préjuger des progrès qui peuvent survenir, il semble probable que les sources d'énergie utilisées à grande échelle resteront le pétrole en premier lieu, et en second lieu l'électricité à l'exclusion des combustibles solides, de l'énergie géothermique, etc.

Il y a donc certainement un grand intérêt à substituer au pétrole une autre source d'énergie, en tout cas lorsque la substitution est rentable en prenant en compte un prix de pétrole de l'ordre de 400 F la tonne en 1976.

Pour estimer de façon convenable les économies de pétrole résultant du passage à l'électricité, qu'il s'agisse des transports ferroviaires ou des futurs véhicules électriques, on pourrait faire une étude longue et complexe sur la proportion des diverses sources qui produisent l'électricité en France et en produiront. Pratiquement, nous utiliserons un raisonnement plus simple qui est le suivant :

Jusqu'à la mise en service, vers 1982, des centrales nucléaires actuellement en construction, l'essentiel des consommations supplémentaires d'électricité donne lieu à un supplément de production par les centrales au fuel. En simplifiant, on peut admettre que jusqu'en 1982 tout l'accroissement de la consommation sera en totalité le fait de ces centrales au fuel, et pèsera donc sur la consommation de pétrole.

A partir de 1981-1982 environ, les centrales nucléaires interviendront de façon de plus en plus importante dans la production de base de l'électricité consommée en France ; et les centrales au fuel cesseront d'être utilisées en base, et ne fonctionneront qu'un nombre limité d'heures par an, pour les usages à forte variation de puissance appelée.

On peut donc raisonner en admettant qu'à partir de cette époque les quantités supplémentaires consommées seront fournies par des centrales nucléaires utilisées en base.

C'est l'hypothèse que nous ferons pour juger de l'intérêt des opérations d'électrification des lignes ferroviaires, ou de la construction de véhicules automobiles électriques .

## LA QUALITÉ DE LA VIE

Une bonne partie des mesures souhaitables pour économiser l'énergie ou le pétrole ont en même temps des effets très bénéfiques pour la qualité de la vie, diminution de la pollution de l'air, diminution du bruit, réduction de la congestion de la circulation, moindre encombrement de l'espace, etc.

Tous ces avantages sont malheureusement difficiles à quantifier, et l'on a pris la fâcheuse habitude, parce qu'on ne peut pas les « compter » de ne pas en tenir compte, ou de leur attribuer un poids très faible dans les décisions.

Sans préjudice de l'intérêt qu'il y aurait à définir des méthodes nouvelles pour les quantifier avec une approximation convenable, il nous paraît indispensable d'introduire ces facteurs qualitatifs au premier rang, pour toute une série de décisions, parce qu'en définitive le but de l'économie est bien la qualité de la vie.

Le moins que l'on puisse faire est d'adopter toutes les mesures qui donnent un bilan à peu près équilibré du point de vue de l'économie nationale quantifiée, et ont un avantage pour la qualité de la vie. C'est justement le cas de nombreuses mesures préconisées dans notre rapport pour économiser l'énergie ou le pétrole.

## APPENDICE :

### INCIDENCE DE LA STRUCTURE DU RAFFINAGE

La structure de la consommation de produits pétroliers évolue sur le long terme, en faveur des coupures légères et au détriment du fuel lourd. Il est donc possible qu'après la mise en service du programme nucléaire (c'est-à-dire vers 1982-1983) l'on se trouve en situation d'excédent de fuel lourd qui devra être écoulé sur le marché international ou transformé en hydrocarbures légers. Une telle situation modifierait considérablement l'intérêt respectif des économies en hydrocarbures légers et en fuel lourd. Il faut noter cependant les incertitudes qui existent sur la place du charbon dans notre approvisionnement énergétique (le charbon est en général substituable au fuel lourd) sur les possibilités d'adaptation du raffinage et sur la place du pétrole de la Mer du Nord, riche en coupures légères dans la consommation de l'Europe Occidentale. L'existence et la gravité d'excédents de fuel lourd à moyen terme dépendant donc encore de beaucoup d'éléments aléatoires.

#### *a) Incidence d'une réduction des consommations de fuel lourd de 1 tonne*

On suppose que le débouché fuel lourd est réduit d'une tonne et que le débouché produits légers reste inchangé.

Soit « a » la diminution de tonnage de brut traité dans les unités A et « b » l'augmentation de capacité des unités B nécessaire pour résorber l'excédent des coupes lourdes :

$$- 0,55 a + 0,39 b = 0$$

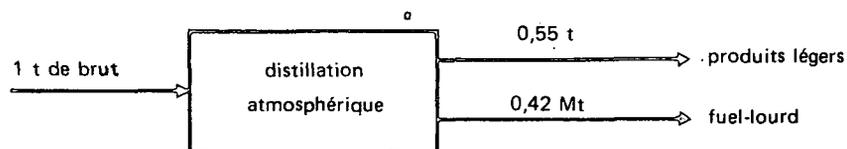
$$- 0,42 a + 0,54 b - b = - 1$$

d'où :

$$a = 0,935$$

$$b = 1,320$$

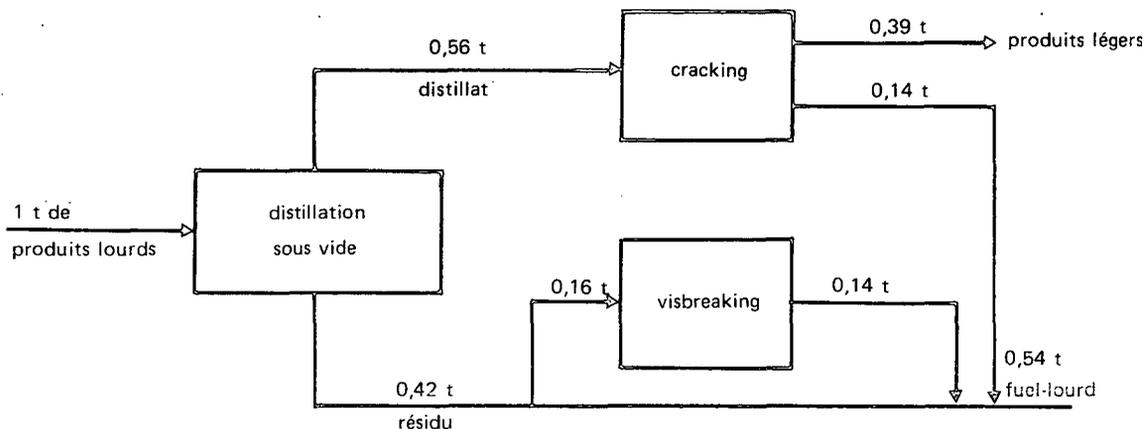
On suppose que l'on dispose d'un outil de raffinage composé d'unités de distillation atmosphérique dont le rendement schématique est le suivant (unités A) :



Investissement : 0 F (installations existantes)

Exploitation : 7 F/an.

On suppose par ailleurs que pour résorber l'excédent de coupes lourdes, on est en mesure de construire des unités de conversion du type suivant (unités B) :



Investissement :	distillation sous vide	57 F	
	cracking catalytique	162 F	
	visbreaking	21 F	
	<b>TOTAL</b>	<b>240 F</b>	soit 32 F/an (Amt. sur 15 ans à 10 %)

Exploitation :		28 F/an
<b>TOTAL</b>		<b>60 F/an</b>

**Bilan économique (brut à 400 F/t)**

Brut	— 374 F	(— 400 × 0,935)
Installations A	— 6 F	(— 7 × 0,935)
Installations B	79 F	(60 × 1,320)
<b>Bilan</b>	<b>— 301 F</b>	

(La décote du fuel lourd par rapport au brut est donc de 99 F/t).

*Incidence sur les investissements*

+ 317 F (1,32 × 240)

*Incidence sur les importations de brut*

— 0,935 t de brut (a)

En conclusion, une tonne de fuel lourd économisée :

- permet de réduire nos importations de brut de 0,935 T ;
- permet une économie de 301 F (pour un brut de 400 F/t) ;
- entraîne un supplément d'investissements de 317 F.

*b) Incidence d'une réduction des consommations de carburant d'une tonne*

On suppose à présent que le débouché fuel lourd reste inchangé.

On appellera « a » la diminution de tonnage de brut traité dans les unités A et « b » la réduction de capacité des unités B rendue possible.

On doit avoir :

$$- 0,55 a - 0,39 b = - 1$$

$$- 0,42 a + b - 0,54 b = 0$$

d'où :

$$a = 1,10$$

$$b = 1,01$$

*Bilan économique (brut à 400 F/t)*

Brut — 440 F (— 400 × 1,10)

Installation A — 8 F (— 7 × 1,10)

Installation B — 60 F (— 60 × 1,01)

Bilan — 508 F/t

(La surcote du carburant par rapport au brut est donc de 109 F/t)

*Incidence sur les investissements*

— 240 F (1,01 × 240)

*Incidence sur les importations de brut*

— 1,10 t de brut (a)

En conclusion, une tonne de carburant économisée :

- permet de réduire nos importations de brut de 1,10 t ;
- permet une économie de 508 F ;
- entraîne une réduction des investissements de 240 F.

Le retraitement du fuel lourd en cas d'excédent est donc une source de coût pour la collectivité qui n'est pas négligeable et peut modifier les orientations à retenir en matière d'économie d'énergie, si l'on se trouve bien en excédent de fuel lourd après mise en route du programme nucléaire. Les économies dans le domaine du transport routier par exemple, présenteraient alors un avantage supplémentaire, alors que la cons-ti-tution d'un navire nucléaire verrait corrélativement son intérêt réduit.

Il reste qu'il faut penser à la souplesse de l'économie, à la possibilité pour les usagers de réagir à une modification des prix par des actions de compensation et de substitution à l'éventualité de procédés différents de raffinage, aux échanges avec le marché mondial.

En définitive, nous avons gardé le même prix de référence pour tous les types de carburants dérivés du pétrole, en nous bornant à signaler le problème.



## **II - Information et formation des usagers de la route**

La consommation de carburant d'un véhicule routier dépend de trois facteurs :

- la conception du véhicule ;
- la manière dont il est entretenu ;
- la façon dont il est conduit.

Des actions de formation et d'information portant sur chacun de ces éléments permettent donc de réaliser des économies de carburant.

Il est extrêmement difficile de calculer avec précision les gains pouvant être obtenus par ces actions, par manque de données statistiques sur le parc de véhicules et la population des conducteurs, et par manque d'études précises sur l'ampleur des modifications de comportement engendrées par les actions proposées.

Il est cependant possible de citer quelques ordres de grandeur concernant par exemple le domaine de la voiture particulière. Les écarts de consommation sont les suivants :

- 10 % entre deux véhicules fonctionnant apparemment correctement mais dont l'un est mal réglé.
- 40 % entre deux conducteurs parcourant un trajet routier à la même vitesse moyenne mais plus ou moins fougueusement.

Il ne semble pas irréaliste d'obtenir à long terme des gains de l'ordre du cinquième des écarts ci-dessus indiqués.

L'ordre de grandeur des gains en devises correspondant a été évalué sur le tableau suivant pour un prix du pétrole brut de 400 F la tonne :

		Pourcentage de réduction de consommation	
		2 %	10 %
Voitures particulières (consommation 1975 : 13 Mt)	Quantité de carburant économisée (tonnes) .....	260 000	1 300 000
	Gain en devises (MF) .....	100	520
Véhicules utilitaires (consommation 1975 : 8 Mt)	Quantité de carburant économisée (tonnes) .....	160 000	800 000
	Gain en devises (MF) .....	60	320
Ensemble (consommation 1975 : 21 Mt)	Quantité de carburant économisée (tonnes) .....	420 000	2 100 000
	Gain en devises (MF) .....	160	840

Les actions portant sur ces divers facteurs de consommation doivent s'appuyer sur une sensibilisation globale, portant notamment sur la nécessité pour chacune des personnes concernées de mieux connaître la consommation de carburant, afin de mesurer les gains possibles et le résultat des efforts effectués.

Ces principes généraux s'appliquent aussi bien aux transports routiers par véhicules lourds, qu'aux voitures particulières. Les modalités d'action dans ces deux secteurs méritent cependant d'être étudiées séparément.

## TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES OU DE PASSAGERS

### a) Au niveau de l'entreprise

Le prix du gasole devrait inciter les entreprises effectuant du transport à réaliser des économies d'énergie pour abaisser leurs prix de revient. Les actions envisageables au niveau de la gestion de l'entreprise correspondent essentiellement au choix de véhicules adaptés aux conditions d'exploitation, et à la mise en place d'un contrôle de gestion rigoureux. Un tel contrôle de gestion présente de nombreux avantages indépendants de l'économie d'énergie (par exemple l'imposition du respect absolu des limitations de vitesse, permet, outre des économies de gasole, de réduire le risque d'accident et les frais qui en sont la conséquence). Il apparaît donc particulièrement nécessaire d'encourager sa mise en place.

Ce point devrait apparaître évident aux entreprises de transport public pour lesquelles le carburant représente un poste de dépenses très significatif. On doit cependant noter que conformément au tableau suivant, l'importance relative des dépenses de carburant dans le prix de revient kilométrique du transport public, a peu varié entre 1973 et 1975, et en particulier que le poste « carburants » a moins augmenté que les postes « amortissements » et « coût de l'entretien ».

### Structure de coût du transport routier de marchandises

Source D.T.T.	Résultats d'enquête Camion de 19 t		Résultats d'enquête Ensemble 35 t	
	1973	1975	1973	1975
Salaires, charges, primes ..	26,2	24,8	22,7	21,4
Frais de route .....	7,3	6,1	6,3	5,3
Assurance .....	4,8	4,2	5,1	4,8
Taxes diverses .....	2,9	2,5	0,6	0,4
Intérêts sur droits de transport .....	1,7	1,2	2,5	1,7
Amortissement .....	20,1	21,9	21,8	23,9
Coût du carburant .....	20,3	21,9	23,2	23,3
Coût des pneumatiques ...	4,7	3,3	7,6	5,3
Coût de l'entretien .....	12,0	14,2	10,2	13,9
	100	100	100	100
Kilométrage annuel .....	98 440	106 037	109 518	107 760

Pour les entreprises de transport public, on peut donc dire que la « crise pétrolière » de 1973 a constitué une occasion de prendre conscience de l'importance des dépenses en carburant, mais qu'elle n'a guère augmenté l'intérêt des actions permettant des économies d'énergie, relativement aux autres postes de dépenses.

En ce qui concerne les entreprises effectuant du transport pour compte propre, celui-ci ne représente en règle générale, qu'une faible partie de l'activité de l'entreprise, et la gestion de cette activité est donc souvent considérée comme secondaire. Cependant l'enjeu au plan national d'une gestion rigoureuse et orientée vers l'économie d'énergie dans ce transport, est également très important, puisque cette catégorie de transport représente 70 % des tonnes transportées et 45 % des tonnes × km effectuées par les

véhicules de plus d'une tonne de charge utile. Il apparaît souhaitable qu'une action de sensibilisation aux moyens d'économiser le carburant, spécifique à ce secteur, soit réalisée par les pouvoirs publics.

#### *b) Au niveau des conducteurs*

Une gestion rationnelle de l'entreprise de transports doit inciter les conducteurs à choisir le style de conduite le plus économe, mais un tel choix n'est pas inné. Il est nécessaire qu'une véritable formation à la conduite économique soit dispensée aux conducteurs.

Une brochure théorique a été réalisée par la Chambre Syndicale des Constructeurs Automobiles et largement diffusée dans la profession. Des stages pratiques sont organisés depuis deux ans par l'Association pour la Formation dans les Transports. On observe fréquemment en cours de stage un gain de 10 à 15% sur la consommation d'un conducteur expérimenté. On ne dispose par contre pas actuellement d'éléments permettant de savoir si ce gain est maintenu en exploitation courante ou s'il est rapidement perdu.

Les entreprises de transport disposent cependant dès à présent de moyens leur permettant d'apprécier le mode de conduite de chaque conducteur, et son effet sur la consommation (enregistreurs à disques).

## **VOITURES PARTICULIÈRES**

Les possesseurs de voitures particulières s'intéressent encore moins aux économies d'énergie que les entreprises de transport, faute d'y être sensibilisés suffisamment. Pourtant le coût du carburant utilisé est plus élevé que celui du gasole ; au prix actuel on constate qu'au cours de son existence, une automobile consomme en moyenne une quantité d'essence dont la valeur en francs courants est d'un ordre de grandeur équivalent au prix d'achat du véhicule. Mais très peu d'automobilistes tiennent une comptabilité précise de leurs dépenses en carburant. Ce fait peut être interprété soit comme une cause, soit comme une conséquence de cette faible motivation.

Ces remarques font ressortir l'intérêt d'actions de sensibilisation du grand public et de formation des conducteurs.

#### *a) Actions d'information*

Ces actions doivent porter :

- sur l'importance financière de la consommation de carburant et sur les méthodes permettant de la mesurer ;
- sur le poids qu'il convient d'attribuer à la consommation de carburant lors de l'achat d'un nouveau véhicule.

La comparaison entre les divers modèles ne peut être effectuée valablement que si des méthodes normalisées de mesure de la consommation, et suffisamment représentatives des divers modes d'utilisation, ont été définies, et si les résultats de ces mesures reçoivent une large publicité.

En France, ces conditions ont été remplies par la publication de la circulaire du 7 mars 1975 du ministre de l'Équipement définissant les méthodes normalisées de mesure de la consommation et l'arrêté du 21 avril 1975 du ministre de l'Industrie et de la Recherche portant réglementation dans le domaine de la consommation des véhicules automobiles.

Les méthodes normalisées de mesure de la consommation devraient constituer prochainement des normes européennes.

- sur l'entretien des véhicules.

Certaines opérations de réglage et d'entretien sont directement rentabilisées par les économies de carburant qu'elles permettent ; mais compte tenu du prix du carburant et du coût des travaux d'entretien, la plupart de ces travaux ne sont rentables pour

l'utilisateur que si celui-ci prend en compte, outre l'économie de carburant réalisée, les pannes évitées, et d'autres éléments comme le respect de la réglementation anti-pollution.

Les campagnes d'information dans ce domaine doivent donc attirer l'attention sur les points précis ayant l'effet le plus important sur la consommation, ou sur les opérations directement rentabilisées par la réduction de consommation qu'elles engendrent. Elles doivent également tenir compte de certaines pratiques des professions concernées qui conduisent une certaine partie du public à considérer avec méfiance les conseils dans ce domaine.

Chaque type de véhicules ayant des caractéristiques techniques propres, il apparaît souhaitable que les constructeurs automobiles prennent une part active à ces actions d'information, et améliorent la qualité des renseignements techniques fournis au public par les notices des véhicules.

— sur la manière de conduire : des actions d'information peuvent attirer l'attention sur des comportements particulièrement générateurs de surconsommation (usage inconsidéré du starter, chargement déséquilibré du véhicule, surconsommation due à une galerie de toit vide et inutile). Elles peuvent également conduire à une connaissance plus précise de la relation existant entre la vitesse du véhicule et ses accélérations, et la consommation. Mais en ce qui concerne le style de conduite proprement dit qui implique essentiellement le bon usage de l'accélérateur et du changement de vitesse, il apparaît nécessaire de compléter l'information par une véritable formation.

Le coût d'une action d'information comportant deux campagnes annuelles utilisant les media suivants : Télévision, Radio, Presse écrite, peut être évalué de la manière suivante, en prenant en considération les tarifs de diffusion commerciaux :

#### Coûts de production

Films télévision — 6 films à 50 000 F l'unité .....	300 000 F
Radio .....	50 000 F
Presse .....	100 000 F
<b>Total</b> .....	<b>450 000 F</b>

#### Coûts de diffusion (tarif commercial)

Télévision : 50 spots de 55 sec. à 140 000 F l'unité (H.T.) .....	7 000 000 F
Radio : 60 passages de 30 sec. à 5 000 F l'unité (H.T.) .....	300 000 F
Presse .....	500 000 F
<b>Total</b> .....	<b>7 800 000 F</b>

**Taux annuel** : 8,25 MF.

Le coût budgétaire d'une telle action peut être considérablement plus faible dans la mesure où cette campagne bénéficie de tarifs réduits sur la diffusion radio et télévision.

#### b) Actions de formation

Ces actions doivent comprendre un contenu théorique précisant les notions générales fournies par les actions d'information, et une démonstration pratique de l'effet du style de conduite sur la consommation de carburant.

Pour cela il apparaît souhaitable que les auto-écoles équipent un certain nombre de véhicules des matériels suivants :

- compte-tours ;
- débitmètre totalisateur ;
- éventuellement dépressiomètre d'admission, ou indicateur de position du papillon des gaz.

Le coût d'équipement d'un véhicule devrait se situer aux environs de 500 F hors taxes.

Des stages de formation de très courte durée, portant sur la réduction de la consommation ont été organisés par la Prévention Routière pour des chauffeurs expérimentés ; un gain de consommation moyen de 10 % est observé entre le début et la fin du stage.

Il est souhaitable que la formation à la conduite économique soit réalisée dès la formation initiale des conducteurs, et donc que des notions sur l'économie de carburant figurent au programme des divers permis de conduire.

La formation de la population actuelle de conducteurs devrait être réalisée par l'organisation de séances de recyclage. L'intérêt du public pour ces séances devrait pouvoir être suscité grâce aux gains financiers résultant d'une amélioration du style de conduite.

Le coût global de ces actions peut être évalué sur le tableau ci-joint pour les objectifs suivants :

- une formation théorique pour les candidats au permis B ;
- une formation théorique et pratique pour 2 millions de conducteurs recyclés chaque année. Ce recyclage devrait être organisé pour les conducteurs volontaires, certaines formes d'incitation au recyclage pouvant être mises en place dans le cadre d'une nouvelle organisation du permis de conduire (permis par points, par exemple). En régime de croisière, un tel rythme conduirait au recyclage de chaque conducteur en moyenne tous les 10 ans. A titre de comparaison, on peut noter que des séances de recyclage sont actuellement suivies par 300 000 personnes chaque année.

1) *Equipped des 12 000 auto-écoles*

12 000 documentations de base à 40 F l'unité .....	0,5 MF
12 000 équipements de démonstration sur véhicule à 500 F l'unité .....	6 MF
<b>Total équipement .....</b>	<b>6,5 MF</b>

2) *Dépenses de fonctionnement annuelles*

a) *Leçons théoriques à 30 F l'unité (1 h pour 10 personnes)*

— Candidats au permis :	
1 million de candidats .....	3 MF
— Recyclage :	
2 millions de conducteurs chaque année .....	6 MF
<b>Total leçons théoriques .....</b>	<b>9 MF</b>

b) *Démonstrations pratiques :*

2 millions de séances à 15 F l'unité (20 mn) .....	30 MF
--	-------

Le coût des séances de formation théorique devrait pouvoir être pris en charge par les auto-écoles. En effet, ce coût est négligeable par rapport au chiffre d'affaires de celles-ci pour la préparation au permis B, qui peut être estimé à plus de 1,5 milliard de francs.

Le coût des séances de formation pratique devrait pouvoir être réparti entre les auto-écoles et les usagers car la formation peut se révéler très rentable pour ceux-ci.

L'économie annuelle apportée par un gain de 2% sur la consommation d'un conducteur consommant en moyenne 10 l aux 100 km et parcourant 10 000 km par an est de 38 F pour un prix du litre de carburant : 1,90 F.

Pour 2 millions de conducteurs, l'économie globale serait de 76 MF.

Une participation des pouvoirs publics au coût d'équipement des auto-écoles pourrait s'avérer souhaitable dans le cadre du lancement des actions de formation.

## CONCLUSIONS

Les actions les plus rentables potentiellement pour la collectivité (rapport de 1 à 10 entre l'ordre de grandeur des dépenses correspondantes et les économies pouvant en résulter) sont les actions d'information et de formation théorique, ainsi que l'amélioration de la gestion des entreprises de transport.

Elles devraient être développées en priorité, et les actions des pouvoirs publics dans ce domaine devraient être secondées par une participation plus intensive des professions concernées.

Les actions de formation pratique seront plus lentes à développer ; compte tenu de leur coût, elles devraient être financées par les entreprises de formation et les usagers. Une participation des pouvoirs publics au financement des investissements nécessaires, et une incitation au recyclage des conducteurs seraient de nature à accélérer leur mise en œuvre.

Le bilan simplifié des opérations de formation et d'information s'établirait donc ainsi :

**Coût et avantages annuels des actions de formation et d'information**

	Voitures particulières	Véhicules utilitaires
Economie de pétrole (10 <sup>3</sup> TEP) .....	260 à 1 300	160 à 840
Economie de devises (millions de F) .....	100 à 520 MF	60 à 320 MF
Economie pour la collectivité (1) .....	290 à 1 430 MF	120 à 610 MF
Coût information .....	8,25 MF	n. d.
Coût formation .....	45,5 MF	n. d.
Coût total .....	53,75 MF	n. d.

(1) Coût de reprise en raffinerie et de distribution du carburant.

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

**III - Respect de la limitation des vitesses  
sur route**

Une première réglementation générale des vitesses a été adoptée le 1<sup>er</sup> juillet 1973 pour des motifs de sécurité routière :

- o Limitations à 100 km/h sur toutes les routes, avec possibilités de dérogations locales.
- o Pas de limitation générale sur autoroute.

Cette réglementation a subi depuis lors plusieurs modifications.

*3 décembre 1973*

90 km/h sur routes, sans dérogation,  
120 km/h sur autoroutes.

*13 mars 1974*

90 km/h sur routes ordinaires,  
120 km/h sur routes à chaussées séparées,  
140 km/h sur autoroutes.

*6 novembre 1974*

90 km/h sur routes ordinaires,  
110 km/h sur routes à chaussées séparées,  
130 km/h sur autoroutes.

Cette évolution rapide, marquée par des diminutions corrigées par des redressements, a conduit à une mauvaise connaissance par les usagers des règles applicables et à une incertitude des constructeurs et des acheteurs de véhicules quant à la réglementation applicable dans l'avenir.

La limitation des vitesses, conjuguée avec d'autres mesures dans le domaine de la sécurité routière, a fait passer le nombre de tués sur les routes de près de 17 000 en 1972 à environ 13 000 en 1975.

Mais, outre son importance capitale pour la sécurité des usagers, la limitation des vitesses apporte une contribution non négligeable aux économies de carburant. On estime à 4% de la consommation totale (soit plus de 500 000 t de pétrole par an) l'économie permise en 1974 par la limitation des vitesses.

Par ailleurs, le souci de l'unité européenne et la forte croissance des déplacements internationaux, rendent souhaitable de ne pas s'écarter des normes adoptées actuellement par les autres pays européens (où les limites de vitesse sont souvent légèrement inférieures aux nôtres).

De nombreuses raisons, parmi lesquelles la nécessité d'économiser le carburant n'est que secondaire, militent donc en faveur du maintien à long terme des actuelles limitations.

Les statistiques de la Délégation à la Sécurité Routière montrent cependant que les limitations de vitesse sont assez mal respectées, et que le taux de non respect a tendance à augmenter dans le temps. Des économies d'énergie sont donc encore possibles par un meilleur respect des actuelles limitations. Economies dont nous allons maintenant essayer d'évaluer l'ordre de grandeur.

# 1. LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POSSIBLES EN 1974 PAR UN RESPECT INTÉGRAL DES LIMITATIONS DE VITESSE

## La consommation en fonction de la vitesse

L'enquête pilote de préparation rationnelle des décisions concernant les accidents de la route (1969) permet de déterminer une courbe de consommation en fonction de la vitesse pour un échantillon de véhicules supposé représentatif :

Consommation des véhicules en fonction de la vitesse

Vitesse (km/h)	Consommation (litre/100 km)
90 .....	7,6
95 .....	7,9
100 .....	8,25
105 .....	8,65
110 .....	9,1
115 .....	9,6
120 .....	10,15
125 .....	10,7
130 .....	11,3
135 .....	12
140 .....	12,8
150 .....	14,6

Une telle courbe est d'un emploi commode, mais ne prend pas en compte l'incidence énergétique des changements d'allure.

## Respect des limitations de vitesse en 1974

### a) Sur autoroutes

Sur la base d'observations de l'ONSER, le rapport de la gendarmerie pour 1974 indique les chiffres suivants :

- au 1<sup>er</sup> semestre (où la limitation est passée de 120 à 140 km/h) 95 % des conducteurs respectent la limitation de vitesse ;
- au 2<sup>e</sup> semestre (où la limitation est passée de 140 à 130 km/h) 92 % des conducteurs respectent la limitation de vitesse.

On retiendra donc 8 % d'infractions sur la base d'une limitation à 130 km/h.

### b) Sur routes

L'ONSER fournit — pour la période de février 1974 à janvier 1975 — les résultats suivants pour tous points en rase campagne :

	RGC jour	RGC nuit	CD jour
V (L) .....	16 %	26 %	13 %
V (L + 10) .....	5 %	12 %	6 %
Débit horaire .....	212 véh./h.	81 véh./h.	23 véh./h.

V (L) = Pourcentage de véhicules légers dépassant la limite de vitesse.

V (L + 10) = Pourcentage de véhicules légers dépassant la limite de vitesse augmentée de 10 km/h.

Les résultats pour les CD de nuit peuvent être extrapolés à partir des résultats CD jour pondérés par le ratio RGC nuit/RGC jour.

Compte tenu des tranches horaires observées et des trafics, on aura, pour une journée complète :

o Routes à grande circulation (RGC) :	
V (L) .....	19,3 %
V (L + 10) .....	7,3 %
o Chemins départementaux (CD) :	
V (L) .....	15,7 %
V (L + 10) .....	8,7 %

## Les trafics pris en compte

Pour les autoroutes, on considérera le trafic total des autoroutes de liaison (11,7 Mds de véh × km) et 25% du trafic des autoroutes de dégagement (3,6 Mds de véh × km) pour ne retenir que les heures où un excès de vitesse est physiquement possible. On obtient donc au total 15,3 Mds véh × km.

Pour les routes, on négligera systématiquement la voirie communale et rurale, supposée ne pas permettre physiquement des vitesses supérieures à la limitation générale.

Compte tenu des conventions de l'ONSER, qui se réfère à la situation patrimoniale des routes avant le déclassement des routes nationales secondaires, on retiendra les chiffres suivants :

o RGC :	
— Trafic des RN .....	54,4 Mds véh × km
— Trafic des RN secondaires déclassées .....	37 Mds véh × km
Total RGC .....	91,4 Mds véh × km
o CD (total) .....	
	55,7 Mds véh × km
Total général .....	147,1 Mds véh × km

Cette assimilation des RGC aux RN avant reclassement est abusive, car en 1971, il n'y avait que 47 000 km de RN (sur 81 000) classées à grande circulation, tandis que les CD classés RGC n'atteignaient vraisemblablement pas 81 000 — 47 000 = 34 000 km.

Les trafics ci-dessus comprennent une certaine proportion de poids lourds. D'après diverses observations (ONSER en particulier) on peut estimer de la façon suivante les trafics de véhicules légers dans le total :

Autoroutes .....	85 %
RGC .....	85 %
CD .....	90 %

## Histogramme des vitesses pratiquées

L'ONSER ne fournissant pas d'histogramme complet des vitesses pratiquées au-dessus de la limitation, on construira ces histogrammes en ventilant les usagers qui dépassent les vitesses limites selon l'histogramme des vitesses avant limitation.

### Histogramme des vitesses pratiquées sur autoroute avant la limitation

130 à 140 km/h .....	7,5 % des VPC
Plus de 140 km/h .....	7,5 % des VPC

*Histogramme des vitesses pratiquées sur route avant limitation*

On retiendra les chiffres suivants, sur la base d'observations effectuées en avril 1970 sur les sections droites des 13 000 km de routes nationales supportant la plus forte circulation, soumis à une limitation particulière à compter de mai 1976.

90-100 km/h .....	22 % de l'ensemble des véhicules
100-110 km/h .....	14,5 % de l'ensemble des véhicules
110-120 km/h .....	8 % de l'ensemble des véhicules
120-130 km/h .....	3 % de l'ensemble des véhicules
Plus de 130 km/h .....	1,5 % de l'ensemble des véhicules

On peut alors construire l'*histogramme des vitesses des véhicules légers dépassant les limitations après application de la réglementation.*

Autoroutes :

130-140 km/h .....	4,7 %
Plus de 140 km/h .....	4,7 %

Routes :

	RGC	CD
90-100 km/h .....	10,2 %	6,3 %
Plus de 100 km/h .....	6,2 %	7,8 %
dont :		
100-110 km/h .....	3,3 %	4,2 %
110-120 km/h .....	1,8 %	2,3 %
120-130 km/h .....	0,7 %	0,9 %
Plus de 130 km/h .....	0,4 %	0,4 %

**Economies d'énergie possibles par un meilleur respect des limitations**

On supposera que les véhicules d'une tranche de 10 km/h sont ramenés du milieu de la tranche à la limite de vitesse et que les véhicules roulant à plus de 130 km/h sont ramenés de 150 km/h à la limite de vitesse.

L'économie théorique d'énergie apportée par cet écrêtement de l'histogramme des vitesses serait alors de :

Autoroutes .....	24 millions de litres
Routes .....	219 millions de litres

Total ..... 243 millions de litres  
(ce qui correspond à 180 000 tonnes de pétrole).

**2. LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POSSIBLES EN 1975 PAR UN RESPECT INTÉGRAL DES LIMITATIONS DE VITESSE**

Compte tenu de la méthode employée pour déterminer l'économie à attendre en 1974, les chiffres 1975 devraient pouvoir s'en déduire directement par :

- l'évolution du taux d'infraction,
- l'évolution du trafic.

## L'évolution du taux d'infraction

En 1975, la nature des observations recueillies par l'ONSER a changé, ce qui pose des problèmes d'homogénéité (l'effectif global observé a sensiblement diminué, il n'y a plus d'observations de nuit, on ne dispose plus de chiffres relatifs aux chemins départementaux non classés à grande circulation).

La précision des calculs étant de toute façon illusoire, nous utiliserons pour 1975 les chiffres les plus synthétiques, publiés par la Gendarmerie, d'après les enquêtes de l'ONSER.

### Pourcentage de véhicules dépassant la limitation de vitesse

	Routes	Autoroutes
1974 .....	13 %	7 %
1975 .....	19 %	19 %
1975/1974 (évolution) .....	× 1,46	× 2,71

Source : Gendarmerie

## L'évolution du taux de trafic

Les chiffres sur l'évolution du trafic en 1975 sont encore provisoires ou partiels. On retiendra les ordres de grandeur suivants :

Autoroutes ..... + 10 %  
Routes Nationales du Schéma Directeur ..... + 3 %

## L'économie de carburant

Nous pouvons maintenant extrapoler les résultats de 1974 compte tenu des évolutions du trafic et des taux d'infraction :

Economie possible en 1975 :

Autoroutes ..... 73 millions de litres  
Routes ..... 330 millions de litres  
Total ..... 403 millions de litres

L'économie théorique d'énergie apportée par un écrêtement de l'histogramme des vitesses serait donc de 300 000 tonnes de pétrole en 1975.

En fait, on a supposé dans les calculs, que tous les véhicules étaient ramenés à la vitesse limite. Il est probable qu'il n'en serait pas ainsi, ce qui laisse la possibilité d'économies plus importantes. De plus, nous avons négligé tous les effets secondaires que pourrait avoir le respect des limitations sur le style de conduite : moins d'accélération brutales pour dépasser les usagers respectant les limitations, amélioration de la fluidité du trafic. Or, nous savons que le style et la régularité de la conduite ont une influence importante sur la consommation unitaire des véhicules. On ne dispose cependant pas d'éléments indiscutables permettant d'affirmer que la limitation de vitesse soit un facteur de fluidité du trafic et de régularité de la conduite.

L'importance du non respect et son accentuation dans le temps, équivalent par ailleurs à une incertitude sur le caractère durable des limitations de vitesse. Or, la plupart des pays européens appliquent aujourd'hui des limitations généralisées pour des raisons de sécurité. L'affirmation d'une politique à long terme dans ce domaine est donc une

condition de base de la promotion d'une utilisation raisonnée de la voiture individuelle, utilisation conforme à l'intérêt des usagers de se déplacer sur les routes dans de bonnes conditions de sécurité, et en minimisant les dépenses en carburant.

L'adaptation des constructeurs aux nécessités de la sécurité routière et des économies d'énergie sera facilitée par l'affirmation du caractère permanent des limitations et l'assurance de leur respect.

### 3. ANALYSE COUT-AVANTAGE DES LIMITATIONS DE VITESSE

#### Les coûts

La statistique annuelle des accidents de la circulation routière constatés en métropole par la Gendarmerie Nationale indique les résultats suivants :

1974 : 466 000 heures de contrôle des vitesses (augmentation de 10 % par rapport à 1973) ;

1975 : 503 452 heures de contrôle des vitesses (8 % d'augmentation par rapport à 1974).

Les 466 000 heures effectuées en 1974 se répartissent ainsi :

- Autoroutes : 1.500 heures, soit 3 heures par jour et par 100 km.
- Routes à grande circulation : 451 000 heures, soit 2,30 h par jour et par 100 km.

Les dépenses prévues par la gendarmerie pour 1976 sont les suivantes pour le contrôle des vitesses :

Équipement .....	2,76 MF 1975
Fonctionnement (hors personnel) .....	17,4 MF 1975
Total .....	20,16 MF 1975

A ces dépenses doit s'ajouter le coût pour les usagers de la perte de temps occasionnée par les limitations.

#### Les avantages

L'effet principal à attendre du respect des limitations est lié à l'amélioration de la sécurité des usagers de la route. On estime que 23 % des accidents corporels et 27 % des accidents mortels ont pour « cause immédiate » une vitesse excessive. Or, il y a eu en 1975, sur les routes, 13 170 tués et 353 750 blessés. La valeur pour la collectivité d'un tué étant estimée à 500 000 F et celle du blessé à 22 000 F. Le coût des accidents liés à une vitesse excessive serait donc de l'ordre de 3 600 MF par an pour la collectivité. *Bien sûr, il ne s'agit pas là des accidents dus au non respect de la limitation des vitesses (il peut y avoir vitesse excessive et respect des limitations, et par ailleurs, la vitesse peut ne pas être seule en cause) mais ces chiffres donnent la dimension du problème.*

L'institution de limitations généralisées des vitesses présente donc des avantages considérables sur le plan de la sécurité des usagers. Les avantages sur le plan énergétique ne constituent qu'une raison supplémentaire de maintenir à leur niveau actuel les limitations.

Ces avantages sont en fait fort importants. Nous avons vu que le respect intégral de ces limitations aurait provoqué une économie de l'ordre de 300 000 tep en 1975, soit une économie de devises de 120 MF environ.

Le maintien et le respect des limitations de vitesses, déjà justifiés pour des raisons de sécurité, s'imposent donc encore plus fortement, compte tenu de la nécessité d'économiser l'énergie.



## **IV - Le marché automobile**

Un des facteurs importants qui déterminent le volume de carburant consommé par les voitures particulières réside dans la composition du parc automobile.

Or, les grosses cylindrées sont le plus souvent choisies pour des raisons qui n'ont rien à voir avec les véritables besoins en espace et puissance des utilisateurs. Des gains très importants (10 à 20 % de la consommation) peuvent être obtenus par des améliorations techniques du moteur à explosion classique.

Il est donc très important du point de vue des économies d'énergie, de porter une grande attention au marché automobile et aux moyens de faire évoluer la composition du parc en faveur des véhicules peu consommateurs.

## 1. LA PARTITION DU MARCHÉ AUTOMOBILE SELON LES CATÉGORIES DE PUISSANCE - ÉVOLUTION SUR LA PÉRIODE 1964-1975

L'évolution, depuis 12 ans, des ventes de voitures particulières neuves fait ressortir, pour l'essentiel, trois périodes :

— 1964 à 1971 est une période d'expansion des immatriculations en France (4,9 % par an, en moyenne annuelle), marquée par une modification rapide de la structure des ventes : la part des véhicules de 6 à 9 CV passe de 41 à 64 % des ventes au cours de la période, alors que les véhicules de moins de 6 CV passent de 51 % à 25 % (cf. tableau annexe n° 2). Cette période est marquée par l'apparition sur le marché de nombreux modèles nouveaux importants de la gamme des 6 à 9 CV, tels que la R 10 et la R 16 (64), la 204 (65), la R 12 (68), la 304 et la GS (69).

— La période de 1971 à 1973 amorce un changement de tendance : la vente de véhicules de moins de 6 CV se développe rapidement (+ 120 000 véhicules en deux ans) ; leur part, dans un marché qui reste en expansion, au lieu de décroître comme au cours de la période précédente, reste stable ; ce changement de tendance coïncide notamment avec l'arrivée sur le marché de petits modèles à succès, qui répondent manifestement aux besoins de nombreux ménages qui accèdent à la multimotorisation : la Fiat 127 et la R 5 en 1971, la 104 en 1972.

— Enfin, 1974 et 1975 sont les années de rupture : 1974 est marquée, pour l'essentiel, par un effondrement du marché des véhicules de 6 à 9 CV (baisse des ventes de 240 000 véhicules, soit 22 % de moins qu'en 1973), et de celui des plus de 9 CV (baisse de 72 000 véhicules, soit 42 % de moins qu'en 1973), et au contraire par une progression rapide des véhicules de moins de 6 CV (+ 100 000 véhicules, soit + 21 %, à comparer à la croissance moyenne annuelle de 15 % de 1971 à 1973).

L'année 1975 a vu le phénomène s'inverser, la vente des moins de 6 CV baissant et celle des gros modèles se redressant.

TABLEAU ANNEXE N° 1

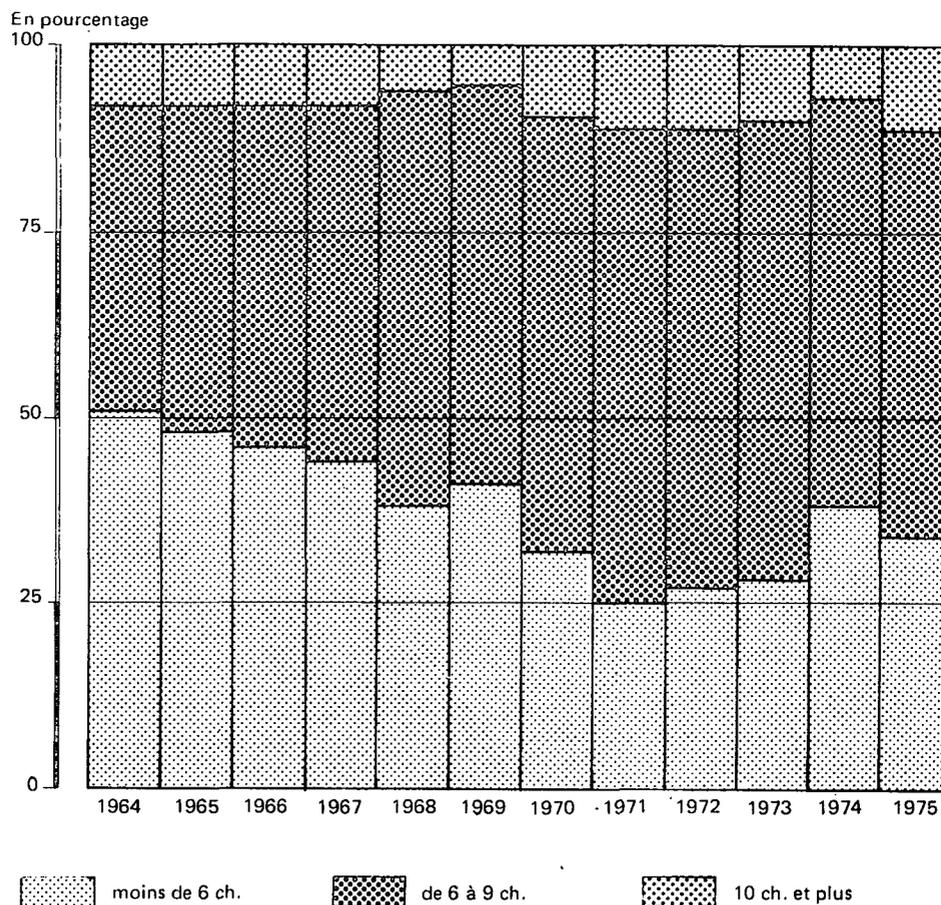
### Evolution des achats de véhicules selon la puissance

	Moins de 6 CV		6 à 9 CV		+ de 9 CV	
		en % du total		en % du total		en % du total
1973 ...	487 716	28	1 082 770	62	175 309	10
1974 ...	579 781	38	842 606	55	102 292	7
1975 ...	507 400	34	920 200	55	145 900	11

Les évolutions depuis douze ans de la part relative de chaque catégorie dans le total des ventes sont représentées par le graphique ci-après :

TABLEAU ANNEXE N° 2

**Vente de véhicules**  
(en pourcentage du nombre total des ventes)



**2. ANALYSE DU MARCHÉ AUTOMOBILE SUR LA PÉRIODE 1973-1975**

La tendance à l'accroissement du nombre total de véhicules vendus, persistante depuis 1970, a été inversée en 1974 et 1975.

Année	Vente totale de V.P.
1970 .....	1 296 628
1971 .....	1 468 888
1972 .....	1 637 553
1973 .....	1 745 795
1974 .....	1 524 779
1975 .....	1 483 392

L'analyse détaillée de la période 1973-1975 fait apparaître que la chute du marché a commencé dès la fin de l'été 1973 : les ventes de décembre 1973 ont été inférieures de 9,3 % à celles de décembre 1972. Elle s'est poursuivie pendant l'ensemble de l'année 1974, jusqu'au début du redressement du dernier trimestre de 1975.

Comment s'explique cette chute brutale ? Trois types d'explications sont couramment avancés :

*L'explication par le prix des voitures* : En fait, l'évolution de l'indice des prix des voitures montre que le décrochement du prix des voitures par rapport à celui du prix à la consommation commence au mois d'octobre 1974, soit plus de 11 mois après le début de chute du marché. Ce décrochement résulte de la libération du prix des voitures dont les raisons sont les mauvais résultats des entreprises, consécutifs à la mévente, et une volonté de ne pas avoir de hausses trop fortes à l'exportation. La hausse des prix s'est concentrée sur une période courte : 30 % de septembre 1974 à avril 1975. Et la hausse du prix des voitures apparaît davantage comme une conséquence que comme une cause du rétrécissement du marché.

*L'explication par le crédit* : Les conditions de crédit aux voitures neuves deviennent plus difficiles dans la deuxième moitié de 1974, et jusqu'à la fin du premier semestre de 1975. Le taux de crédit est passé de 16,20 % au début de 1974, à 21,30 % au début de 1975. Parallèlement, en 1974, le crédit aux véhicules d'occasion a été assoupli, puisque le plafond de durée du crédit (21 mois en 1973) a été supprimé.

La tendance, jusqu'en 1973, était à une forte diminution du pourcentage de voitures neuves achetées à crédit (qui est passé de 44,9 % en 1969 à 30,75 % en 1973). Cette tendance s'est inversée en 1974, et la part des achats à crédit dans le marché du neuf est restée à son niveau de 1973.

De 1973 à 1974, le nombre de dossiers d'emprunt traités pour l'achat de voitures neuves a donc accompagné la chute du marché du neuf (- 13 %). Le fort accroissement des en-cours pour l'occasion (+ 85 % alors que la baisse des en-cours pour le neuf n'est que de 2,4 % de 1973 à 1974) laisse cependant à penser qu'un certain nombre d'achats de voitures neuves ont été anormalement présentés comme des achats de voitures d'occasion.

Le fait que 1974 ait vu, malgré des conditions de crédit plus mauvaises, un arrêt de la tendance à la diminution des achats à crédit, laisse supposer qu'il faut chercher ailleurs l'explication de la crise du marché automobile en 1974.

*L'explication par la crise énergétique* : Les explications simples par les prix ou le crédit semblant peu convaincante, l'idée vient tout naturellement de chercher une explication plus globale. La crise du marché serait donc la résultante d'un ensemble de facteurs convergents liés à la crise énergétique : effet psychologique (l'incertitude à long terme concernant l'énergie influençant l'attitude des acheteurs éventuels), hausse du prix de l'essence, limitations des vitesses, affirmation d'une politique de développement de l'offre de transport en commun en milieu urbain, incertitudes des ménages sur l'évolution de leur revenu. La hausse rapide des prix des voitures neuves et les difficultés de crédit ont pu jouer, dans un second temps, pour aggraver le caractère dépressif du marché des voitures neuves.

### **3. MESURES POSSIBLES POUR UN ÉQUILIBRE PLUS FAVORABLE AUX VÉHICULES DE MOINDRE CONSOMMATION**

La disparition des séquelles de la crise de l'énergie (l'inflation par exemple, a déjà ramené la hausse réelle du prix du carburant à moins de 10 % au lieu de 30 % pour les premières hausses) aura certainement pour résultat de relancer les tendances à long terme du marché. On peut donc s'attendre à une reprise des achats et à un léger redressement des voitures de forte cylindrée (surtout à la suite de la sortie de la CX et de la 604) et à une stabilisation de la part des moins de 6 CV. Le redressement serait d'autant plus net qu'un certain nombre de ménages ont différé l'acquisition de modèles de forte cylindrée.

Une action volontariste des pouvoirs publics semble donc nécessaire pour orienter durablement le marché automobile vers des modèles économes en carburant. Les mesures incitatives à l'achat de véhicules moins consommateurs d'énergie peuvent concerner la politique d'offre des constructeurs, la fiscalité automobile et la tarification de son usage.

*a) La politique d'offre des constructeurs*

La consommation spécifique des voitures individuelles peut être réduite de 1 à 1,5 % par an, ce qui conduirait à un gain situé entre 10 et 15 % d'ici 1985. De nombreux perfectionnements visant à économiser le carburant, sont en effet possibles sur les modèles actuels.

Les constructeurs doivent donc être incités à offrir sur le marché des véhicules bien conçus et peu consommateurs.

*b) Fiscalité spécifique et tarification autoroutière*

*Fiscalité spécifique*

L'assiette de la vignette automobile est aujourd'hui constituée par la cylindrée du moteur, ce qui incite les constructeurs à faire des moteurs tournant vite, à taux de compression élevés, donc polluants et bruyants.

Le principe de la modification de l'assiette de la taxe différentielle a d'ailleurs été adopté par un Comité interministériel pour l'Aménagement de la Nature et de l'Environnement.

Des méthodes normalisées de mesure de la consommation des véhicules automobiles sont maintenant définies et seront prochainement harmonisées au niveau européen. Il est donc maintenant possible d'envisager une modulation de la vignette automobile sur la consommation en carburant. On éviterait ainsi les anomalies créées par l'actuelle assiette. D'autre part, la consommation en énergie ne constitue qu'une part du coût social de la voiture individuelle. Mais elle est en partie liée à d'autres éléments de ce coût et peut, par conséquent, servir de base en première approximation, pour une fiscalité modulée sur le coût social de la voiture particulière.

*Tarification autoroutière*

Cette tarification dépend souvent de la puissance fiscale. Dans la mesure où cette « puissance » serait modulée selon la consommation spécifique, il s'en suivrait une variation des péages en fonction de la consommation qui constituerait une incitation supplémentaire à l'achat de véhicules économes en énergie.



## **V - L'adaptation des routes en rase campagne**

L'effet sur la consommation d'énergie d'une amélioration des infrastructures routières est complexe et mal élucidé :

D'une part, l'amélioration d'une route procure une meilleure fluidité du trafic. Or les encombrements et les changements d'allure constituent des facteurs importants (et mal évalués) de surconsommation. De plus, la suppression des irrégularités du parcours (redressement des virages, réduction des rampes, raccourcissement des trajets) a normalement des effets favorables sur la quantité de carburant nécessaire pour effectuer un parcours déterminé.

D'autre part, l'amélioration d'une route peut aussi entraîner sur un trajet donné une augmentation des vitesses moyennes, ce qui, bien que constituant un avantage indéniable pour l'usager, risque d'être préjudiciable aux économies d'énergie. En outre l'amélioration des infrastructures engendre un trafic nouveau, le trafic induit, donc une augmentation de la quantité globale de carburant consommée.

Enfin, il faut garder à l'esprit que, d'un point de vue global, les investissements routiers sont en concurrence partielle avec des transports collectifs, économes en énergie. Les mérites respectifs des différents modes en présence devraient donc être comparés, surtout sur les axes lourds où le transport ferroviaire peut offrir aux usagers une alternative séduisante pour leurs déplacements.

Ce sont ces différents aspects que nous nous proposons d'analyser ci-dessous.

## **1. LES AMÉNAGEMENTS ROUTIERS SUR LES ROUTES NATIONALES DU SCHÉMA DIRECTEUR**

### **1.1. Diminution des consommations spécifiques par amélioration des infrastructures**

#### **Les véhicules légers**

La Commission des Comptes des Transports de la Nation avait admis que la consommation moyenne, sur l'ensemble du réseau de rase campagne, était de 8,7 l/100 km en 1973. On peut admettre en première approximation que cette consommation moyenne correspond aujourd'hui aux routes nationales du schéma directeur, sous réserve de l'effet des limitations de vitesse qui a entraîné une réduction de consommation de 3% en moyenne ; on admettra donc que la consommation moyenne sur le réseau de routes nationales du schéma directeur est maintenant de 8,4 l/100 km.

La consommation moyenne sur une infrastructure adaptée peut être estimée à partir de la consommation à vitesse stabilisée, majorée en fonction des différents facteurs de surconsommation.

Selon le Comité interministériel de la Sécurité routière, la vitesse moyenne sur route était de 77 km/h en 1975 et on peut prévoir que cette moyenne passera à 80 km/h sur une infrastructure adaptée.

Les tests de consommation nous indiquent que la consommation moyenne à vitesse stabilisée de 90 km/h est de 7,03 l/100 km ; à vitesse stabilisée de 80 km/h, on peut admettre qu'elle est plus faible de 7% et qu'elle est donc de :  $7,03 \times 0,93 = 6,54$  l/100 km.

Pour connaître la consommation moyenne réelle à cette vitesse, il faut tenir compte de différents facteurs de surconsommation :

— la manière de conduire : elle entraîne une surconsommation, variable selon les automobilistes, mais qui peut aller jusqu'à 40 % ;

— le véhicule, lequel n'est pas, en moyenne, aussi parfait que ceux présentés aux tests de consommation, notamment sur le plan du réglage, de l'usure, de la charge, du gonflage des pneumatiques ;

— l'infrastructure qui, même adaptée, ne saurait être parfaitement plate et rectiligne. Pour l'ensemble de ces facteurs, il semble qu'on puisse admettre, en moyenne, sur une route adaptée, une surconsommation de l'ordre de 15 %.

La consommation moyenne sur le réseau de routes nationales du schéma directeur, après adaptation, peut donc être considérée comme se situant aux environs de 7,5 l/100 km.

On considérera donc que, dans le cas général, l'écart théorique maximum obtenu grâce à une amélioration du réseau est de :

o  $8,4 \text{ l/100 km} - 7,5 \text{ l/100 km} = 0,9$ , soit environ 12 % de la consommation antérieure.

Ce résultat est à rapprocher des conclusions des expériences récentes faites par l'Agence pour les Economies d'Energie. Il ressort de celles-ci que sur de bonnes routes :

1) la consommation des conducteurs « économes » est en moyenne, à 70 km/h de vitesse moyenne, proche de la consommation à vitesse stabilisée de 90 km/h (7,03 l/100 km).

2) la consommation des conducteurs « normaux » est en moyenne de 15 % supérieure au chiffre précédent, pour une vitesse moyenne de 75 à 80 km/h, soit 8,1 l/100 km.

### **Les poids lourds**

On ne dispose d'aucune indication permettant d'évaluer l'économie de consommation provoquée pour les poids lourds par une adaptation des routes nationales ; cette économie est cependant certaine.

## **1.2. Evaluation des économies d'énergie possibles par amélioration des routes nationales du schéma directeur**

### **Véhicules légers**

De 1971 à 1975, la D.R.C.R. a « amélioré » en moyenne, par an, l'équivalent de 584 km de voies de 3,50 m de largeur. La longueur des routes nationales du schéma directeur, exprimée en équivalent de voies de circulation, représente environ 60 300 km.

L'adaptation des routes porte donc annuellement sur environ 1 % de la longueur totale du réseau national.

La part du trafic de véhicules légers concerné est en fait pour la période actuelle nettement plus importante que le pourcentage de la longueur du réseau adapté. On peut estimer cette part à 3 % au maximum du trafic des routes nationales.

Les routes nationales du schéma directeur assurant environ 30 % de l'ensemble du trafic en rase campagne, la part du trafic total de rase campagne concerné est donc de 1 % environ ; on peut, à titre d'approximation, considérer que la part des produits pétroliers consommés en rase campagne, sur le réseau adapté, est du même ordre de grandeur.

La consommation totale des voitures particulières en rase campagne peut être estimée, d'après les chiffres de la Commission des Comptes des Transports de la Nation, à 10,6 millions de tonnes de produits pétroliers.

L'économie annuelle théorique, sur la consommation des véhicules légers qui peut résulter de l'adaptation des routes nationales du schéma directeur peut donc être estimée à :

o  $10,6 \times 1\% \times 12\% = 12\,700$  tonnes pour les véhicules légers.

Ce processus est cumulatif dans le temps, les améliorations annuelles faisant sentir leurs effets à partir de la date de mise en service, et ce pendant une longue durée.

Toutefois, il paraît impossible de conserver, pour les 10 ou 15 prochaines années, l'hypothèse selon laquelle sur 1% de la longueur du réseau concerné par les travaux passe 3% du trafic total du réseau, et le calcul précédent est donc optimiste.

Par ailleurs, la prise en compte du trafic induit amène à minorer le résultat précédent. En effet, des travaux d'aménagements, même ponctuels, qui aboutissent, sur une certaine période, à une amélioration de la qualité des infrastructures entraînent la création d'un trafic induit.

Le volume de trafic induit qui annulerait l'économie de 12 700 tonnes, en supposant une consommation unitaire de 53 grammes équivalent pétrole par véhicule × kilomètre est de :

$$\frac{12\,700 \times 10^6}{53} = 240 \text{ millions de véhicules} \times \text{kilomètres, soit } 14\% \text{ du trafic concerné}$$

par les travaux.

Ce chiffre est à comparer avec les pourcentages de trafics induits dans le trafic total tels que la D.R.C.R. les prévoit en 1990 dans ses tests économiques s'agissant de travaux d'aménagements sur place sur les itinéraires suivants :

◦ Paris-Beauvais-Amiens .....	20 %
◦ Paris-Troyes .....	10 %
◦ Calais-Saint-Omer .....	10 %
◦ Arras-Cambrai .....	15 %
◦ Cambrai-Reims .....	8 %
◦ Reims-Dijon .....	5,5 %
• Toul-Langres .....	15 %
• Le Mans-Angers .....	9 %
• Vierzon-Châteauroux .....	14 %
• Lyon-Balagny .....	17 %
• Grenoble-Valence .....	23 %
◦ Arles-Nîmes .....	15 %
◦ Aix-Manosque .....	23 %

Ces taux sont variables ; cependant un trafic induit de 15% n'est pas exceptionnel. On ne peut donc être certain qu'en moyenne les aménagements routiers engendrent une réduction de la consommation d'énergie des véhicules si l'on tient compte du trafic induit.

Il est néanmoins probable que l'adaptation de la route procure des économies sur les sections particulièrement encombrées. Ainsi, sur les tronçons pour lesquels la saturation de la route nationale serait celle constatée en milieu urbain, la consommation sur la route serait proche de 11 litres aux 100 km ; dans un tel cas, l'économie maximale, compte tenu d'un trafic induit de 20% serait alors égale à :

$$\bullet \frac{11 - 7,5 \times 1,2}{100} = 2 \text{ litres pour } 100 \text{ véhicules} \times \text{km parcourus sur l'ancienne route.}$$

Ceci ne peut néanmoins se vérifier que sur certains tronçons très particuliers et à certains moments (phénomènes de pointes).

Sur ces itinéraires où le trafic est élevé, il faudrait en outre évaluer le détournement vers la route d'usagers potentiels du train, détournement qui augmente la consommation d'énergie.

L'examen devrait donc être fait cas par cas et il faudrait tenir compte pour ces axes chargés :

- 1) d'une surconsommation d'encombrement plus élevée,
- 2) d'un pourcentage de trafic induit plus élevé,
- 3) d'un retour sur un itinéraire plus court des automobilistes qui craignent le « bouchon »,
- 4) du détournement de voyageurs du train vers la route.

## Les poids lourds

Une économie peut également être attendue sur la consommation des poids lourds. En reprenant le même type d'évaluation et en considérant que la consommation des poids lourds en rase campagne est de 4 à 5 Mt de gasoil, on arrive au chiffre suivant :

$$\bullet 5 \text{ Mt} \times 1\% \times 12\% = 6\,000 \text{ tonnes.}$$

## Conclusion

En insistant sur l'imprécision des évaluations faites ci-dessus, on peut penser que les travaux d'amélioration du réseau routier de rase campagne doivent permettre une économie de pétrole. Dans des hypothèses optimistes, et sans tenir compte du trafic induit ni du détournement de voyageurs du train vers la route, cette économie atteindrait  $12\,000 + 6\,000 = 18\,000$  tonnes par an pour chaque tranche annuelle de travaux, soit environ 150 000 tonnes par an en 1985 après 8 tranches annuelles.

Un tel gain est évidemment faible par rapport au coût des investissements correspondants. Mais comme ceux-ci sont effectués pour d'autres raisons, sécurité, gains de temps pour les usagers, l'économie de pétrole est une raison supplémentaire, légère, de les consentir, au moins sur les axes où une solution ferroviaire des déplacements de voyageurs ne peut satisfaire les besoins des usagers.

## 2. LES AMÉNAGEMENTS ROUTIERS SUR LES ROUTES NATIONALES DÉCLASSÉES ET LES CHEMINS DÉPARTEMENTAUX

Ainsi qu'il ressort du tableau suivant, ce réseau ne supporte que des trafics relativement faibles. Les travaux qui y sont effectués annuellement ne portent que sur des longueurs limitées ont donc un impact faible sur l'ensemble du trafic.

Réseau	Longueur en km	Parcours journalier		Débit journalier sur 1 km
		en 10 <sup>6</sup> véh. × km	en %	
Autoroutes .....	2 833	72	14	25 400
RN du Schéma Directeur ..	26 700	149	30	5 600
RN déclassées .....	54 300	101	21	1 860
Chemins départementaux ..	290 000	182	35	627

Source : D.R.C.R.

D'autre part l'adaptation de ce réseau ne peut manquer de provoquer un accroissement de la vitesse moyenne de circulation. En effet, sur la période du 1-8-1973 au 31-7-1974, l'O.N.S.E.R. constatait que la vitesse moyenne des voitures particulières sur les routes nationales et chemins départementaux n'était que de 56 km/h (1), alors qu'elle était de 77 km/h (1) sur les routes nationales à grande circulation.

Les limitations de vitesse étant sensiblement les mêmes sur cette période pour ces deux catégories de routes, cet écart est principalement le résultat de la différence de la qualité de l'infrastructure entre ces deux réseaux.

Une amélioration des infrastructures devrait donc entraîner une augmentation des vitesses de circulation, et provoquer un accroissement de consommation.

(1) Vitesse mesurée par radar sur les sections de rase campagne, en dehors des agglomérations et des intersections.

Il n'est donc pas certain que les travaux d'adaptation de ces infrastructures soient susceptibles d'entraîner des économies d'énergie.

Il reste que certains travaux ponctuels sur des routes départementales très fréquentées devraient entraîner une diminution des quantités de carburant consommées ; ces économies sont vraisemblablement beaucoup plus faibles que celles qui résultent de l'adaptation des routes nationales du schéma directeur.

### Conclusion

Les remarques faites pour les routes nationales restent valables pour les routes départementales, notamment quant aux augmentations de consommation dues aux trafics induits et au détournement de voyageurs du train vers la route.

Les économies éventuelles faites grâce à des travaux sur les routes départementales peuvent augmenter, mais très légèrement le chiffre donné pour les routes nationales, 150 000 tonnes environ. Dans les mêmes hypothèses, le montant des économies pour l'ensemble du réseau routier de rase campagne, autoroutes exclues, serait donc de l'ordre de 200 000 tonnes par an en 1985, mais le trafic induit risque de compenser une partie des économies ainsi faites.

## 3. LES INVESTISSEMENTS AUTOROUTIERS ET LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

### 3.1. Comparaison entre consommation sur autoroute et consommation sur le réseau de routes nationales du schéma directeur

#### Les véhicules légers

On admettra que la consommation moyenne sur le réseau de routes nationales du schéma directeur est aujourd'hui de 8,4 l/100 km.

La consommation sur une autoroute, où la vitesse est limitée à 130 km/h, peut-être considérée comme étant égale à la consommation à vitesse stabilisée à la vitesse moyenne de 110 km/h majorée d'au moins 5 % soit 9,2 l/100 km (les tests normalisés à 120 km/h montrent que pour les véhicules les plus courants la consommation est de 9,5 l à 10 l/100 km).

La surconsommation autoroutière serait ainsi, à distance identique, de 0,8 l/100 km soit 9,5 %.

Ce chiffre doit être interprété avec prudence car, dans les cas où la saturation est importante, le bilan devrait être plus favorable à l'autoroute. Or les autoroutes viennent souvent soulager des routes fortement saturées.

Dans le cas général on peut probablement considérer qu'une autoroute, du fait des vitesses qu'elle permet, entraîne une certaine surconsommation. Il existe sans doute des cas particuliers : ainsi les autoroutes de montagne dont le profil et le tracé sont bien meilleurs que ceux des routes préexistantes.

#### Les poids lourds

Les remarques qui ont été faites ci-dessus pour les véhicules légers gardent leur valeur s'agissant des poids lourds. Toutefois :

- l'autoroute permet une conduite plus régulière ;
- les tracés autoroutiers comportent un meilleur tracé et surtout un relief atténué.

C'est ainsi qu'un test fait sur l'autoroute Lyon-Chambéry, avec des véhicules de 38 tonnes de poids total en charge, a fait ressortir à distance égale une réduction de consommation sur autoroute de 17 % par rapport au parcours sur la route nationale adjacente.

Au terme de ce paragraphe sur les comparaisons entre la consommation sur autoroutes et la consommation sur les routes nationales du schéma directeur, on peut sans doute considérer qu'il y a surconsommation autoroutière pour les véhicules légers et, peut-être, réduction de consommation pour les poids lourds.

En admettant que la surconsommation pour les véhicules légers est de 10 % et compte tenu du fait que les poids lourds sont 4 à 5 fois moins nombreux que les véhicules légers sur les autoroutes et qu'ils consomment 6 à 7 fois plus au kilomètre, le bilan est équilibré dès lors que le pourcentage de réduction de la consommation pour les poids lourds est de :

$$10 \% \times \frac{4 \text{ (ou 5)}}{7 \text{ (ou 6)}} = 5 \text{ à } 8 \%$$

Une réduction de la consommation des poids lourds de cet ordre de grandeur n'est pas invraisemblable.

On peut donc en conclure que le bilan global, à trafic constant, devrait être proche de l'équilibre.

Ce résultat ne peut être considéré comme définitif. Des tests, représentatifs en vraie grandeur, devraient être entrepris pour le vérifier.

### 3.2. Le trafic induit

La construction d'une autoroute nouvelle, en rase campagne, entraîne une augmentation du trafic. Le trafic induit a été évalué pour certains projets autoroutiers, à l'horizon 1990, à un pourcentage du trafic total de l'autoroute qui peut varier de 15 à 30 %.

Ainsi le pourcentage prévu pour les autoroutes à péage sur les axes suivants est respectivement de :

— Paris - Beauvais - Amiens .....	20 %
— Paris - Troyes .....	30 %
— Calais - Saint-Omer .....	14 %
— Arras - Cambrai .....	17 %
— Cambrai - Reims .....	14 %

Ce phénomène correspond pour une part variable et inconnue à un transfert de voyageurs des transports collectifs (routiers, ferrés et marginalement aériens) vers la voiture particulière et pour le surplus à des déplacements qui, en l'absence de l'autoroute, n'auraient pas eu lieu.

Il est vraisemblable qu'il en est de même pour les marchandises.

Le trafic induit est donc générateur de consommations énergétiques supplémentaires qu'on peut tenter d'évaluer.

#### *Hypothèses*

- le trafic induit n'est constitué que de véhicules légers.
- le trafic induit n'est constitué que de voyageurs qui, en l'absence d'autoroutes, ne se seraient pas déplacés.
- taux de trafic induit 10 à 30 %.

Ces hypothèses aboutissent pour 1974 aux chiffres suivants :

0,092 l × 0,744 × 26,2 Md de véh. × km × 0,1 (ou 0,3), soit 180 000 à 540 000 tonnes.

Soit par kilomètre d'autoroute de rase campagne ouvert : 90 à 270 tonnes.

On ne peut en l'état actuel des connaissances sur le trafic induit être beaucoup plus précis.

### 3.3. Les distances parcourues

On ne dispose pas d'études permettant de comparer systématiquement les distances parcourues par les véhicules empruntant l'autoroute et celles parcourues par ceux qui la délaissent.

Deux phénomènes jouent en sens inverse :

— la distance sur l'autoroute est parfois plus courte, sur un itinéraire donné, que celle de l'itinéraire routier voisin (aucune étude systématique n'a été entreprise sur ce point).

— les automobilistes doivent rejoindre et quitter l'autoroute, ce qui est un facteur d'allongement de la distance totale parcourue, qui doit être non négligeable pour des distances moyennes de déplacements (50 à 150 km).

Il n'est pas certain que les deux phénomènes se compensent.

✱  
✱✱

La construction des autoroutes ne peut donc être considérée comme entraînant dans le cas général des économies d'énergie, du fait de l'élévation des vitesses permises, du trafic induit, mais aussi d'autres phénomènes comme l'allongement des distances.

## **VI - Les transports urbains**

## 1. TRANSPORTS COLLECTIFS URBAINS ET ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

La politique de développement des transports collectifs urbains a été entreprise pour des raisons en grande partie étrangères à la nécessité d'économiser l'énergie : qualité du cadre de vie urbain, protection des centres anciens, lutte contre les nuisances, saturation de l'espace pouvant être consacré à la voiture individuelle.

L'objet de l'étude qui suit, centrée sur les économies d'énergie possibles en milieu urbain, n'est pas de définir une politique souhaitable de développement des transports collectifs urbains d'ici 1985, cette question étant traitée dans le rapport principal. L'étude se contente d'analyser l'impact possible sur la consommation de carburant des propositions qui ont été faites dans le cadre de la préparation du VII<sup>e</sup> Plan.

Le programme d'Action Prioritaire (P.A.P.) sur les transports urbains, envisage une augmentation du nombre de déplacements effectués dans les transports collectifs, de 15 % en région parisienne et de 60 % en moyenne dans les agglomérations de province pour la période 1975-1980.

Nous envisageons deux hypothèses volontaristes d'amélioration de l'offre de transport en commun dans les réseaux de Paris et des principales villes de province, que nous comparerons à un scénario d'invariance de la répartition modale.

### *Scénario de base*

Progression de 60 % en province et de 15 % en région parisienne (ce qui correspond au programme d'action prioritaire) du nombre de déplacements effectués dans les transports collectifs urbains.

### *Scénario favorable*

Progression de 60 % en province et de 15 % en région parisienne, du nombre de déplacements par habitant et par an effectués en transport en commun. Ce scénario suppose une augmentation importante des investissements prévus en transport collectif urbain par rapport à ce que l'on connaît actuellement de la programmation de ces équipements.

## 1.1. Les réseaux de province

### Les trafics en 1975

La population étudiée sera celle des 200 agglomérations possédant ou susceptibles de posséder un réseau de T.C., c'est-à-dire 25 à 30 millions de personnes en 1980.

Les trafics en 1975 sont connus avec une très forte imprécision. On peut cependant avancer une estimation :

	Voyageurs (millions)	V./k (milliards)
Réseau de surface .....	1 000	4
S.N.C.F. banlieue .....	52	1,2
V.P. ....	2 550	15,3
Autres .....	1 400	5,6
Total .....	5 002	26,1

Les déplacements en T.C. ont été estimés directement. Pour les déplacements V.P. et autres, ils ont été déduits de la répartition modale fournie par les enquêtes ménages du SETRA :

Transport collectif .....	21 %
V.P. ....	51 %
Autres .....	28 %
	100 %

Le parcours moyen est estimé à 6 km pour la V.P. et 4 km pour les parcours autres (deux-roues).

### Les trafics en 1980

Le volume global du trafic en 1980 se déduit des hypothèses suivantes :

- croissance démographique de 12 % d'ici 1980 ;
- accroissement des distances parcourues de 10 % d'ici 1980 ;
- augmentation de la mobilité de 10 % (nombre de déplacements par habitant sur 1975-1980).

Pour les métros de Province, compte tenu des investissements envisagés, il est raisonnable de prévoir 50 millions de voyageurs et 400 millions de voyageurs-km à l'horizon 1980.

Pour la S.N.C.F. banlieue, une croissance du nombre de voyageurs au rythme actuel (3,4 %) permettrait d'attendre en 1980, 61 millions de voyageurs et 1,55 milliards de v.-km (compte tenu d'un accroissement de 10 % des distances parcourues).

Pour le réseau de surface, le trafic de 1980 dépendra de l'offre, c'est-à-dire des achats de véhicules d'ici cette date, et de leur productivité ainsi que de l'élasticité de l'usage par rapport à l'offre.

L'essentiel du trafic des T.C.U. en province étant réalisé par les réseaux de surface, l'amélioration des réseaux apparaît donc comme un élément déterminant.

L'utilisation des T.C. de surface en 1980, dépendra :

- du parc d'autobus ;
- de la productivité du parc ;
- de l'élasticité usage-offre.

### Les deux-roues et divers

Le fait que le rythme d'immatriculation des motocyclettes augmente plus de deux fois plus vite que celui des voitures particulières sur la période 1970-1974 et la plus grande facilité d'insertion des deux-roues si un aménagement de la voirie urbaine est entrepris amène à considérer comme raisonnable un maintien de la part des deux-roues et divers dans le nombre total des déplacements d'ici 1980.

### Le scénario invariant en 1980

On peut construire un scénario de référence, basé sur une invariance de la répartition modale d'ici 1980, en supposant une augmentation des parcours moyens homogènes selon les modes (+ 10 %), on obtiendrait alors les résultats suivants :

	Voyageurs	V./k
T.C. ....	1 294	7,02
V.P. ....	3 136	20,66
Autres .....	1 722	7,56
Total .....	6 152	35,24

### Le scénario de base

Nous supposons :

- augmentation de 60 % d'ici 1980 du nombre de déplacements en T.C. ;
- maintien de la part des deux-roues et divers dans le nombre total de déplacements (28 %) ;
- augmentation homogène de la longueur des parcours (10 % sur 1975-80) pour chaque mode, sauf pour la V.P. qui augmente plus que les autres modes. On obtient alors les trafics suivants :

	Voyageurs	V./k (milliards)
Réseau de surface .....	1 572	6,92
S.N.C.F. banlieue .....	61	1,55
Métro .....	50	0,4
V.P. ....	2 746	18,81
Autres .....	1 722	7,56
Total .....	6 152	35,24

### Le scénario favorable

Nous envisagerons une progression de 60 % d'ici 1980 du nombre de voyages *par habitant et par an* effectués en transport collectif dans les villes de province.

Nous supposons :

- Augmentation de 60 % d'ici 1980 du nombre de déplacements en T.C. par habitant et par an.
- Maintien de la part des deux-roues et divers dans le nombre total de déplacements (28 %).
- Augmentation de 10 % des parcours moyens sauf pour la voiture particulière (pour laquelle le parcours moyen augmente davantage).

Nous obtiendrons les résultats suivants :

	Voyageurs (millions)	V./k (milliards)
Réseau de surface .....	1 774	7,8
S.N.C.F. banlieue .....	61	1,55
Métro .....	50	0,4
V.P. ....	2 545	17,93
Autres .....	1 722	7,56
Total .....	6 152	35,24

### Les investissements nécessaires

#### Le parc d'autobus prévu en 1980

Les dossiers d'agglomération faisaient ressortir au 10 novembre 1976, qu'un montant total d'investissement de 1 820 millions serait consacré en cinq ans à l'acquisition de matériel roulant (1 200 millions) et des équipements liés (620 millions).

Sur la base d'un renouvellement annuel proche de 8 % du parc et d'un prix moyen par autobus de 255 000 francs environ, il est raisonnable d'envisager le renouvellement de 2 500 autobus et l'acquisition de 2 200 nouveaux autobus (soit en moyenne et respectivement 500 et 440 par an).

Les projets inscrits dans les dossiers d'agglomération en matière de transport collectif en site propre (pour l'essentiel métros et trams) auront un effet négligeable sur 4 ans compte tenu du faible nombre de mises en service avant 1980.

Sur la base de 6 500 autobus en 1975 environ, nous aboutissons à 8 700 autobus en 1980, soit une augmentation du parc de 34 %.

#### Le scénario de base

Le scénario de base est cohérent avec une augmentation du parc de 34 % d'ici 1980, compte tenu d'une élasticité offre-demande de 0,8 et d'une augmentation de productivité des autobus de 30 % (passage de 34 500 km en moyenne par autobus et par an en 1975 à 45 000 km en 1980).

Les hypothèses d'élasticité offre-demande et de progression de la productivité du matériel pouvant être considérées comme optimistes.

#### Le scénario favorable

La réalisation de ce scénario nécessite une augmentation très importante du parc d'autobus des villes de province. On peut faire deux hypothèses :

##### Hypothèse 1

Elasticité usage-offre : 0,8.

— Progression de la productivité du parc de 34 % (passage de 34 500 km par autobus et par an à 45 000 km).

— Renouvellement du parc : 8 % par an.

— Prix moyen de l'autobus : 255 000 F.

La réalisation de ce scénario supposerait le renouvellement de 2 600 autobus et l'acquisition de 3 100 nouveaux autobus d'ici 1980. Cela se traduirait par une dépense totale de 1,45 milliards (2,10 milliards avec les équipements liés).

##### Hypothèse 2 Elasticité usage-offre : 0,7.

— Progression de la productivité du parc de 16 % (passage de 34 500 km à 40 000 km par autobus).

— Renouvellement du parc : 8 % par an.

— Prix moyen de l'autobus : 255 000 F.

La réalisation du scénario supposerait alors le renouvellement de 2 600 autobus et l'acquisition de 5 500 autobus d'ici 1980. Cela se traduirait par une dépense totale de 2,06 milliards (3,13 milliards avec les équipements liés).

## 1.2. La région parisienne

### Estimation des trafics en 1975

Ces trafics ne sont connus qu'avec une faible précision. On peut cependant, par recoupement de diverses informations, les estimer de la façon suivante :

	Voyageurs (millions)	Voyageurs/kilomètres (milliards)
Métro et R.E.R. ....	1 250	7,25
S.N.C.F. banlieue ....	450	7,13
R.A.T.P. surface ....	530	2,15
Réseau A.P.T.R. ....	90	0,9
V.P. ....	3 612	27,1
Deux-roues ....	842	3,4
Total .....	6 774	47,93

### Scénario de base 1980

Les hypothèses du P.A.P. s'inscrivent dans un cadre quasi identique au plan d'entreprise de la R.A.T.P. soit :

— Progression d'ici 1980 du nombre de déplacements en T.C. de 15% (métro et R.E.R. : + 13,6% ; R.A.T.P. : surface + 14,50% ; S.N.C.F. banlieue : 19,7% ; A.P.T.R. : 15,5%).

— Evolution du nombre de déplacements sur la période 1975-80 de 12% par combinaison d'une progression démographique de 6,6% et d'une augmentation de la mobilité de 5%.

— Croissance assez forte du nombre de déplacements deux-roues et divers (+ 15%).

— Croissance des parcours moyens de 13% sur la période (du fait de la croissance très rapide des déplacements péri-urbains) uniformément répartie sur tous les modes.

Il résulte de ces hypothèses une augmentation de 9% des déplacements en voiture particulière.

On obtiendrait alors les résultats suivants :

	Voyages	V./k
Métro et R.E.R. ....	1 420	9,31
S.N.C.F. banlieue ....	539	9,64
R.A.T.P. surface ....	607	2,78
Réseau A.P.T.R. ....	104	1,17
V.P. ....	3 949	33,34
Deux-roues ....	968	4,42
Total .....	7 587	60,66

### Scénario invariant 1980

Il s'obtient en répartissant les 60,66 milliards de v./k obtenus ci-dessus pour le total des déplacements selon le pourcentage effectué par chaque mode en 1975.

	Répartition	V./k 1980
Métro et R.E.R. ....	15,1	9,16
S.N.C.F. banlieue ....	14,9	9,04
R.A.T.P. surface ....	4,5	2,73
Réseau A.P.T.R. ....	1,9	1,15
V.P. ....	56,5	34,27
Deux-roues ....	7,1	4,31
Total .....	100	60,66

### Scénario favorable 1980

On peut considérer un scénario favorable basé sur une progression de 15% de l'usage des T.C. en termes de nombre de voyages par habitant d'ici 1980. La réalisation de ce scénario supposerait une forte augmentation des investissements par rapport à ceux actuellement prévus.

On aurait donc, par rapport au scénario de base :

— Mêmes hypothèses sur le nombre global des déplacements et de voyages-kilomètres.

— Progression supplémentaire de 6,6% d'ici 1980, du nombre de déplacements en transport en commun.

Il en résulterait une progression de 5% seulement du nombre de déplacements en voiture particulière.

On obtiendrait donc les résultats suivants pour 1980 :

	Voyages	V./k
T.C. ....	2 850	24,40
V.P. ....	3 769	31,84
Deux-roues ....	968	4,42
Total .....	7 587	60,66

### 1.3. Bilan en termes énergétiques

L'on peut comparer le scénario d'invariance de la répartition modale (scénario 1) au scénario de base (scénario 2) et à un scénario favorable (scénario 3).

#### Calcul sur la base des consommations moyennes de chaque mode

Les consommations moyennes sont les suivantes, en grammes d'équivalent pétrole par passager/kilomètre :

Autobus .....	19,4 gep	} T.C. : 20
Métro .....	23 gep	
S.N.C.F. ....	18 gep	
Voiture particulière .....	70 gep	
Autres .....	10 gep	

Par rapport au scénario d'invariance de la répartition modale, le scénario de base apporterait une économie de 150 000 tonnes environ de pétrole par an, et le scénario favorable une économie de 250 000 tonnes (pour le total Province + Paris) soit, en devises, 60 M et 110 MF par an (ces chiffres se rapportant à l'année 1980).

On notera cependant que le scénario invariant n'est pas un scénario tendanciel et suppose déjà un effort très important de développement des transports collectifs urbains. Par rapport au maintien des réseaux urbains de Paris et des villes de province à leur capacité actuelle, et au maintien des zones, le scénario invariant apporte une économie de pétrole de 500 000 tonnes par an en 1980 (210 MF d'économie de devises).

Il est clair que l'on peut contester les hypothèses qui consistent à utiliser des consommations moyennes et à considérer comme stables les consommations spécifiques après augmentation importante de l'offre de transport en commun. Néanmoins, les chiffres ci-dessus constituent un ordre de grandeur des économies d'énergie que l'on peut attendre d'un développement des transports collectifs urbains à l'horizon 1980.

#### Économie réelle

A court terme, l'augmentation de la demande peut présenter un retard sur l'offre, ce qui, en faisant baisser l'occupation moyenne des véhicules, aurait tendance à augmenter la consommation au voyageur/kilomètre. Cependant, l'analyse des villes où une restructuration des réseaux de transport en commun a été effectuée, permet un certain optimisme (l'élasticité offre-usage, voisine de 0,8 en moyenne est plus élevée quand une véritable restructuration des réseaux est effectuée).

A long terme, de nombreux éléments pourraient permettre une réduction encore plus importante de la consommation de carburant, grâce aux transports collectifs.

— Le transfert de la voiture vers les T.C. devrait normalement concerner en priorité les véhicules individuels faiblement occupés.

— Les équipements de régulation et les couloirs réservés peuvent permettre d'augmenter les vitesses moyennes et de diminuer la consommation par voyageur/kilomètre des transports en commun.

— L'amélioration de la circulation et le désencômbrement de la chaussée (les transports en commun occupent peu d'espace) permettront de diminuer la congestion et de faire baisser la consommation des voitures individuelles en milieu urbain.

— L'optimisation de la taille du parc (minibus...) peut permettre un meilleur remplissage.

— Des améliorations techniques permettant d'abaisser la consommation spécifique des transports en commun sont possibles (boîtes de vitesses, technologie de la carburation, nouveaux types de moteurs et de sources énergétiques).

## 2. PLANS DE CIRCULATION

On sait que les difficultés de circulation en milieu urbain sont la cause d'une importante surconsommation des voitures particulières (de l'ordre de 40 %). L'objectif principal des plans de circulation étant de permettre l'amélioration de la fluidité du trafic dans les villes, il semble a priori intéressant de les développer dans le but d'économiser l'énergie. L'objet de l'analyse ci-dessous est d'évaluer l'effet possible sur la consommation d'énergie des voitures particulières de la mise en œuvre des plans de circulation.

Le problème des transports en milieu urbain forme un tout et les plans de circulation doivent aussi avoir pour but l'amélioration de l'organisation des transports en commun. Cependant, les économies d'énergie à attendre d'un développement des transports collectifs urbains ayant été examinées dans un premier paragraphe, nous nous limiterons ici à l'évaluation de l'influence des plans de circulation sur la consommation des voitures particulières.

### a) Première approche : suppression des arrêts inutiles

On dispose des observations suivantes (effectuées en 1972 et 1973).

	Nombre d'UVP/km	Nombre d'heures passées en circulation	% de temps passé à l'arrêt
Caen .....	21 433	1 324	37
Nancy .....	106 128	4 950	35
Soissons .....	5 830	292	78
Clermont .....	28 781	2 045	40
Cherbourg .....	5 783	361	34
Strasbourg .....	53 687	3 445	46
Grenoble .....	62 920	3 692	39
Ensemble .....	284 567	16 109	Résultat pondéré : 6 240 heures soit 38,7 %

Ces chiffres résultant de photos aériennes, il convient de tenir compte de la différence des conditions de circulation entre le jour et la nuit. On retiendra donc un pourcentage global de temps passé à l'arrêt nettement plus faible, estimé à 20 %.

On retient, pour les voitures particulières, le kilométrage résultant des chiffres de la Commission des Comptes des Transports de la Nation :

Consommation totale d'essence : 17 105 264 m<sup>3</sup>

Consommation en rase campagne : 8,7 l/100 km.

Consommation en milieu urbain : 11,74 l/100 km.

Part des parcours en milieu urbain : 26 %.

Le parcours en milieu urbain serait donc de 47 milliards de véh × km et le temps global de circulation correspondant de :

$$47 \text{ Mds véh} \times \text{km} \times \frac{16\,109 \text{ heures}}{284\,567 \text{ UVP/km}} = 2,66 \text{ Mds d'heures}$$

et le temps passé à l'arrêt si l'on retient l'estimation de 20 %, de 0,53 Mds d'heures.

Si on admet que la consommation d'un moteur au ralenti est d'environ 1 litre/heure, la surconsommation liée aux arrêts est donc de 400 000 tonnes environ (0,53 milliards de litres) sans tenir compte des ralentissements et redémarrages.

On peut faire l'hypothèse que la généralisation des plans de circulation doit permettre, en 10 ans, de diviser par deux la durée des arrêts inutiles.

Le gain de consommation en résultant à l'horizon 1985 à trafic égal et pour les seules voitures particulières, serait donc de 200 000 tonnes.

#### b) Deuxième approche : gain global de fluidité

Un véhicule consommant 9 litres d'essence aux 100 km selon le cycle Europe représentatif d'une circulation encombrée dans une ville européenne (19 km/h), consomme 7,7 l/100 km selon le cycle CVS, représentatif d'une circulation urbaine américaine (32 km/h).

On fera l'hypothèse qu'un plan de circulation permet un gain moyen de vitesse de 5 km/h par rapport au cycle Europe. Si l'on considère de plus qu'entre 32 km/h et 19 km/h on peut obtenir par interpolation linéaire la consommation moyenne des véhicules automobiles à partir des chiffres donnés ci-dessus (9 l/100 km pour 19 km/h ; 7,7 l/100 km pour 32 km/h) le gain de consommation correspondant à cette amélioration de fluidité serait de 5,5 % :

$$\text{Vitesse : } \frac{32 - 19}{19} = + 68,4 \% \Rightarrow \text{Consommation : } \frac{27 - 9}{9} = 14,4 \%$$

$$\text{Gain de 5 km/h} \Rightarrow \frac{(19 + 5) - 19}{19} = + 26,3 \%$$

$$\text{Le gain de consommation correspondant est donc : } \frac{14,4 \% \times 26,3 \%}{68,4 \%} = 5,5 \%$$

Or, la consommation d'essence des voitures particulières en milieu urbain peut être estimée d'après les chiffres de la Commission des Comptes des Transports de la Nation, à environ 4,2 millions de tonnes.

Si l'on admet la généralisation des plans de circulation en 10 ans, le gain de consommation en résultant à l'horizon 1985, à trafic égal et pour les seules voitures particulières, serait donc de 230 000 tonnes environ (4,2 M. tonnes × 5,5 %).

### Conclusion

Les deux approches aboutissent à des chiffres voisins. On peut noter que nous n'avons tenu compte dans nos calculs que du trafic des voitures particulières. En sens inverse, l'expérience actuelle en matière de plans de circulation semble montrer qu'une amélioration de 5 km à l'heure de la vitesse moyenne des véhicules nécessite des transformations assez importantes de la signalisation et de la voirie de détail.

En résumé, on peut estimer que la généralisation des plans de circulation devrait permettre, grâce à la rationalisation de la circulation urbaine, un gain de consommation des voitures particulières de l'ordre de 200 000 tonnes en 1985.

L'économie en devises correspondante serait donc, à 400 F/tonnes, de 80 MF. L'économie pour la collectivité, compte tenu du coût de raffinage et de distribution du carburant, s'élèverait à 224 MF.

### 3. CONSTRUCTION DE ROCADES

La Commission des Comptes des Transports de la Nation estime la consommation moyenne en milieu urbain à 11,74 l/100 km.

Sur voie rapide urbaine, on retiendra la moyenne pondérée des consommations conventionnelles à 90 km/h, soit 7,03 l/100 km. Cette estimation contient à la fois :

- des facteurs de sous-estimation, car la fluidité n'est pas parfaite et certaines voies autoroutières peuvent tolérer des vitesses plus élevées ;
- des facteurs de sur-estimation, car certaines voies connaissent des limitations à 60 ou 80 km/h et, en tout état de cause, tous les véhicules ne roulent pas à la vitesse limite.

— *Allongement de parcours dû aux voies rapides urbaines :*

On estimera que cet allongement est compris entre 0 et le rapport entre une demi-circconférence et le diamètre, soit en moyenne :

$$1 + \frac{3,1416}{2} = 1,285$$

— *Trafic intéressé :*

On fait l'hypothèse que le trafic moyen sur une voie rapide urbaine est de 30 000 véhicules/jour.

— *Longueur de voirie rapide urbaine :*

De 1965 à 1975, la D.R.C.R. (\*) a ouvert 621 km de voies rapides urbaines, soit en moyenne 62,1 km/an.

#### *Evaluation du gain annuel de consommation*

La consommation sur les voies mises en service au cours d'une année sera :

$$30\ 000 \text{ véh./j.} \times 365 \times 62,1 \text{ km} \times \frac{7,03 \text{ l}}{100} \times 0,75 \text{ kg/l} = 35\ 853 \text{ tonnes.}$$

La consommation avant travaux serait comprise entre :

$$30\ 000 \text{ véh./j.} \times 365 \times \frac{62,1 \text{ km}}{1,285} \times \frac{10,44}{100} \times 0,75 \text{ kg/l} = 41\ 435 \text{ tonnes}$$

et

$$30\ 000 \text{ véh./j.} \times 365 \times \frac{62,1 \text{ km}}{1,285} \times \frac{11,74 \text{ l}}{100} \times 0,75 \text{ kg/l} = 45\ 594 \text{ tonnes}$$

Compte tenu de l'allongement de parcours et de l'amélioration de la consommation spécifique, le gain annuel de consommation peut donc être estimé, pour 62,1 km, entre 6 000 et 11 000 tonnes.

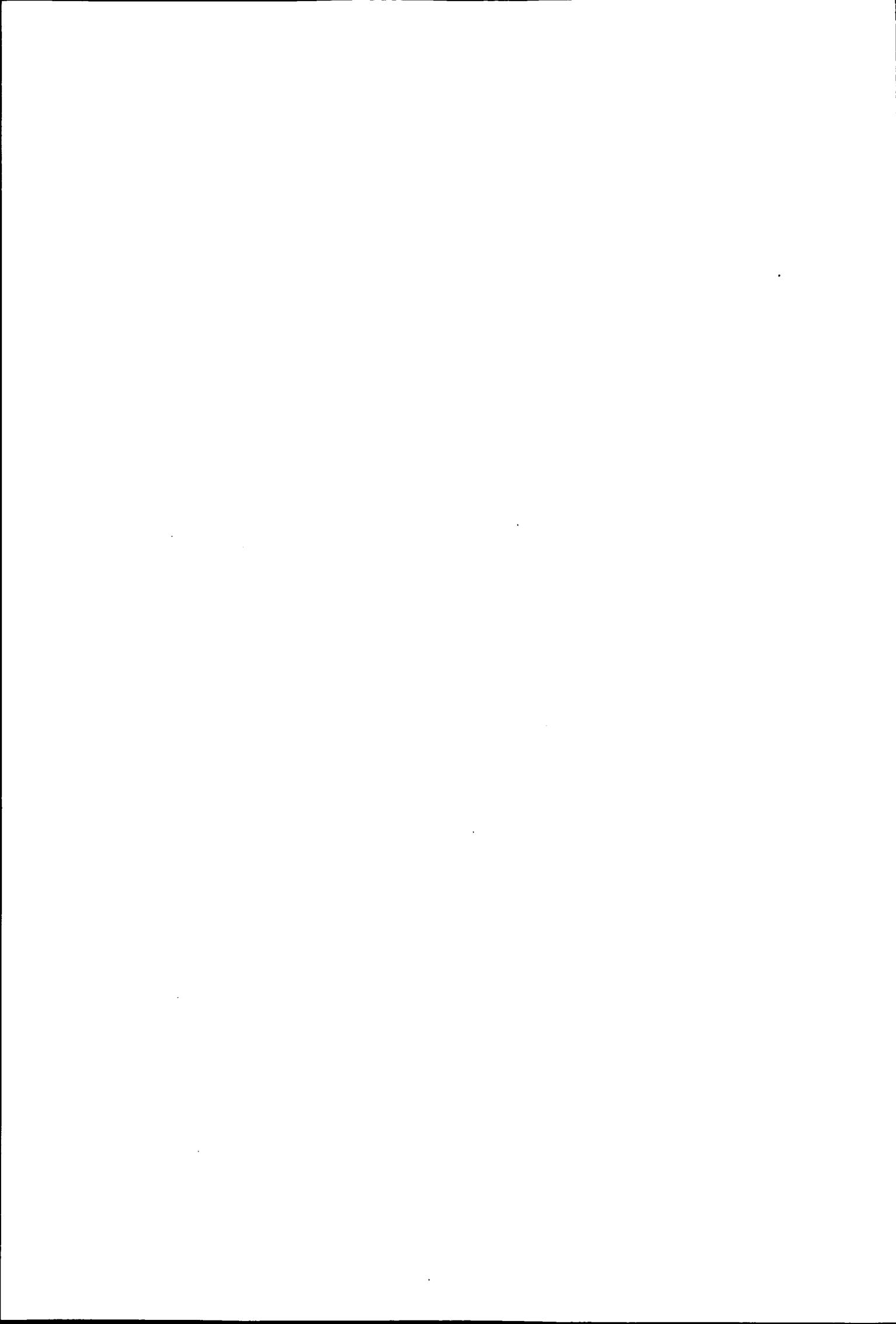
Les chiffres ci-dessus ne tiennent compte que des travaux de voirie rapides financés par la D.R.C.R. et sont relatifs aux seuls véhicules particuliers. Nous retiendrons donc le haut de la fourchette, soit 10 000 tonnes environ, comme ordre de grandeur des économies possibles par tranche annuelle de travaux.

Le gain cumulé en 1985 au rythme actuel de construction, serait donc de 100 000 tonnes par an, ce qui correspond, à 400 F/tonne, à une économie de devises de 40 millions de francs. L'économie pour la collectivité, compte tenu du coût de raffinage et de distribution de carburant, s'élèverait à 112 MF par an.

(\*) Direction des Routes et de la Circulation routière.

### **Conclusion sur les économies d'énergie en transport urbain**

Qu'il s'agisse de la promotion des transports collectifs, des plans de circulation ou de la construction de roades, ces mesures ont été adoptées avant tout pour lutter contre la congestion et la pollution dans les villes. Les économies d'énergie résultant de ces mesures ne sont donc pas à comparer avec leur coût, mais constituent simplement des raisons supplémentaires de les appliquer.



**VII - Electrification de certaines lignes S.N.C.F.**

## 1. GÉNÉRALITÉS SUR LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUVANT RÉSULTER DES ÉLECTRIFICATIONS

Le but essentiel de l'électrification de certaines lignes de la S.N.C.F. est, à l'origine, d'améliorer le bilan financier de l'entreprise. Cette amélioration résulte de plusieurs facteurs, remplacement de la consommation de carburant diesel par celle d'électricité, augmentation de la capacité des voies, transformation de la qualité de service.

Du point de vue de l'énergie, nous devons distinguer deux effets de l'électrification, celui d'une diminution de la quantité totale d'énergie consommée pour un transport donné, et celui de l'utilisation d'une autre source d'énergie que le pétrole.

### Rendement énergétique comparé des divers modes de traction

Il est difficile de comparer avec précision les rendements énergétiques des modes de traction ferroviaire. Les caractéristiques techniques des locomotives actuelles et en commande conduisent à des normes d'exploitation différentes ; l'électrification d'une ligne conduit en général à modifier la composition des convois et à accroître leur vitesse.

La S.N.C.F. n'a pas défini de conditions types d'exploitation applicables à tous les modes de traction et pouvant servir de référence pour l'analyse des rendements énergétiques. Elle fournit cependant un certain nombre d'informations sur le rendement de divers équipements, et notamment de ceux intervenant dans le rendement global de la traction électrique à compter de 1980.

Nous donnons ci-dessous deux types de calculs, qui aboutissent à des résultats différents, mais voisins.

a) En prenant pour référence la consommation spécifique moyenne en 1974 des locomotives diesel BB 67 400 tractant des trains de marchandises directs, il est possible d'établir le tableau n° 1 permettant de comparer la consommation d'énergie d'un train de marchandises direct, de 1 000 tonnes, remorqué dans les mêmes conditions sur un kilomètre par respectivement :

— une locomotive diesel (conditions 1974) ;

— une locomotive électrique à courant monophasé et une à courant continu (conditions rencontrées après 1980).

Ces hypothèses sont raisonnables car il n'est pas prévu d'amélioration importante du rendement des motrices diesel dans les dix années à venir alors que des progrès très importants ont été réalisés dans la conception des installations électriques aussi bien à bord des motrices que pour l'équipement des voies, et que des lignes nouvellement électrifiées bénéficieront de ces améliorations.

TABLEAU N° 1

**Consommation d'énergie pour 1 000 tkbr**  
(trains de marchandises directs)

Mode de traction		Carburant diesel		kWh		Fuel lourd kg (2)	Thermie
		litres	kg	entrée sous-station	centrale (1)		
Diesel (moyenne 1974 locomotives BB 67 400) .....		3,8	3,1				32,3
Electrique estimée (1980)	Courant monophasé			11,4	12,1	2,9	28,4
	Courant continu ...			11,8	12,5	3,0	29,6

(1) Pertes entre centrales et sous-stations estimées à 6%.

(2) Dans le cas où l'électricité provient de centrales au fuel.

Le rendement moyen des centrales pris en compte est de 4,17 kWh par kg de fuel lourd consommé. Le Conseil supérieur des Transports avait retenu en 1974 la valeur de 4,49 kWh par kg de fuel consommé qui aurait conduit à des résultats légèrement plus favorables à l'électricité.

Ces calculs ont été effectués sans tenir compte de la récupération d'énergie au freinage qui est possible sur certaines liaisons électrifiées et qui permet dans les cas les plus favorables de réduire de 15% la quantité d'électricité consommée pour la traction.

Avec les hypothèses retenues et compte tenu des imprécisions inhérentes à ce genre d'évaluation, il ressort du tableau que, dans le cas où l'électricité est produite par une centrale thermique fonctionnant au fuel, la quantité de produits pétroliers consommée par un train électrique est équivalente à celle consommée par un train diesel.

TABLEAU N° 2

**Caractéristiques physiques moyennes des produits pétroliers**

	Pouvoir calorifique inférieur (thermie/kg)	Densité
Gasoil .....	10,30	0,825
Fuel lourd n° 2 ordinaire .....	9,75	0,960

b) Une deuxième méthode consiste à comparer le rendement énergétique de la traction diesel d'une part et celui de la traction électrique d'autre part et à calculer le rendement existant entre la source primaire d'énergie et le crochet de traction de la locomotive.

Dans le cas de la traction électrique, il faut prendre en compte le rendement des centrales thermiques, les pertes en ligne entre la centrale et l'entrée HT des sous-stations, les pertes en caténaires, le rendement des appareillages de la locomotive, le rendement jante-crochet de traction. Dans le cas de la traction diesel, il faut tenir compte du rendement du moteur diesel et des appareillages de la locomotive et du rendement jante-crochet.

En moyenne, sur l'ensemble de la S.N.C.F., les résultats de telles études sont les suivants (cf. plaquette « La S.N.C.F. et l'énergie », page 15) :

	rendements globaux
Traction diesel .....	0,22
Traction à courant continu 1 500 V .....	0,22
Traction à courant monophasé 25 000 V .....	0,26

Mais il faut noter que les améliorations techniques de la traction électrique sont très importantes (redresseurs au silicium et rapprochement des sous-stations, locomotives à hacheurs, dispositifs d'anti-patinage, moteurs auto-ventilés...) et permettront d'améliorer sensiblement les rendements globaux qui s'élèveront ainsi à 0,26 en 1 500 V et à 0,28 en 25 000 V. En revanche, il n'est pas envisagé d'amélioration notable de la traction diesel. On aura ainsi :

	Rendements globaux
Traction diesel .....	0,22
Traction à courant continu (équipements modernes) .....	0,26
Traction à courant monophasé (équipements modernes) .....	0,28

En outre, le freinage par récupération doit encore permettre d'améliorer ces résultats.

### c) Conclusion

On voit que dans le premier type de calcul la quantité de pétrole consommée par les deux modes de traction est la même, alors que dans le deuxième type l'électrification apporte une économie qui, sans être substantielle, est tout de même sensible.

En définitive, il est probable que les consommations seront voisines, mais qu'il y a tout de même un léger avantage du côté de la traction électrique.

## Répartition de la consommation supplémentaire d'électricité entre les divers types de centrales

La consommation supplémentaire d'électricité engendrée par l'électrification de nouvelles lignes S.N.C.F. est marginale relativement à la consommation globale d'électricité (rapport de l'ordre de 1 à 100).

Cet accroissement de consommation se traduira par une variation de la production des divers types de centrales en service, en fonction des paramètres suivants :

- composition du parc de centrales ;
- prix des combustibles ;
- structure et volume de la consommation électrique globale ;
- localisation dans l'espace des nouvelles lignes ferroviaires, et dans le temps de leur trafic.

Le calcul précis du gain sur la consommation de produits pétroliers, apporté par l'électrification, devrait tenir compte de tous ces paramètres.

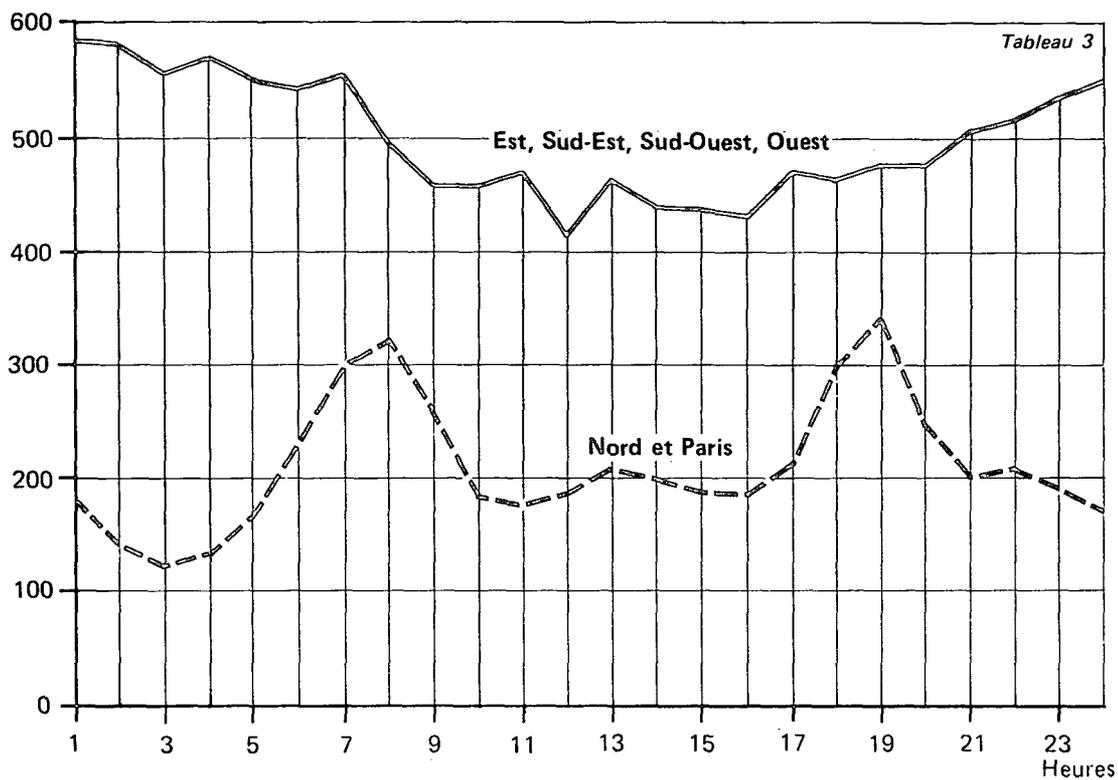
Une telle étude ne semble pas justifiée pour obtenir un résultat entaché de nombreuses incertitudes par ailleurs. Il est donc proposé de se contenter du raisonnement simplifié suivant qui ne doit conduire à majorer que légèrement les gains de produits pétroliers réalisés.

A partir de 1979-80, l'accroissement de la capacité de production d'électricité sera en quasi totalité réalisé par la mise en service de centrales nucléaires. Pendant cette période, la production des centrales au fuel représentera une part de plus en plus faible de la production globale, et à compter d'une date (année A) qui sera fonction du taux de croissance de la consommation et du délai de construction des centrales nucléaires, mais qui se situera vraisemblablement entre 1981 et 1985, les centrales au fuel cesseront d'être utilisées en base, et ne fonctionneront qu'un nombre limité d'heures par an.

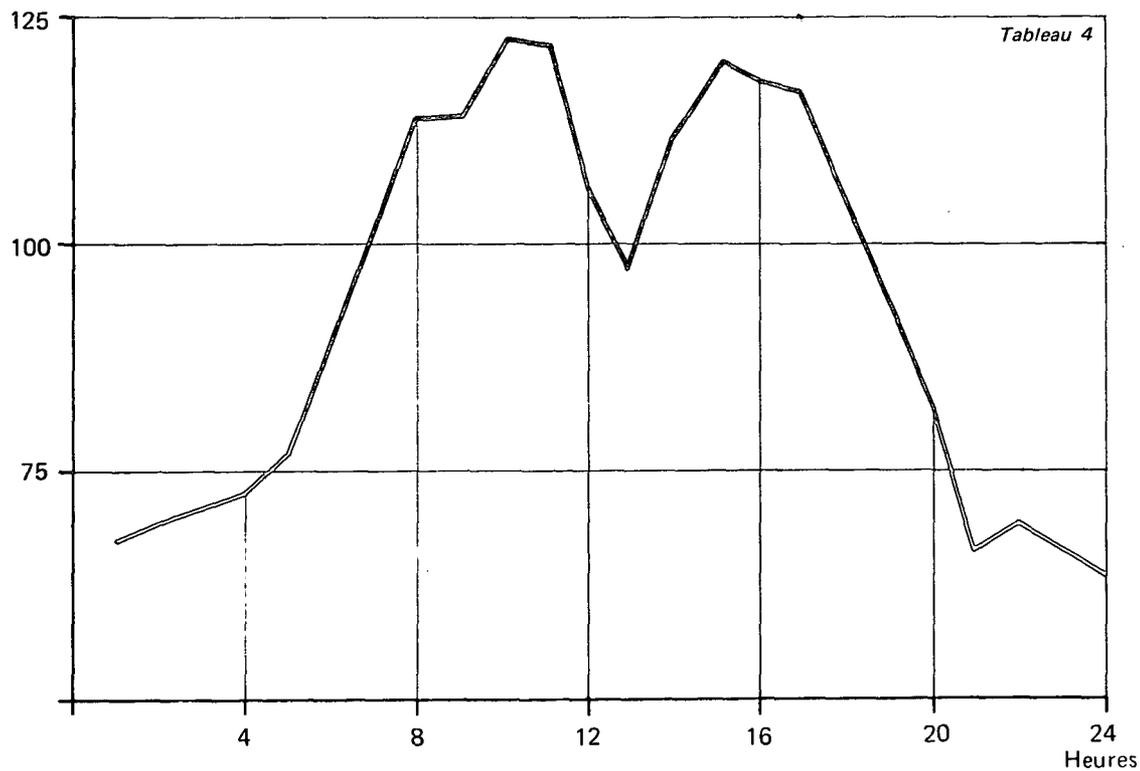
### COURBE DE CHARGE DE LA S.N.C.F.

Consommation  
MW

Mercredi 20 décembre 1972



### COURBE DE CHARGE DE LA CLIENTELE INDUSTRIELLE (16 DECEMBRE 1970)



Il est raisonnable de supposer que la consommation des nouvelles lignes électriques est aussi régulière dans le temps que celle des lignes actuelles, hors région parisienne, ce qui n'a pu être vérifié, mais semble réaliste sauf pour la ligne nouvelle Paris-Sud-Est à trafic essentiellement diurne.

Dans ces conditions, il est possible d'admettre que jusqu'à l'année A, l'accroissement marginal de la quantité d'électricité consommée sera en totalité produite par des centrales au fuel ; à partir de cette date, cet accroissement de consommation sera obtenu par un accroissement de la puissance nucléaire installée et utilisée en base.

### Conclusion

Compte tenu des progrès prévisibles avant 1980 dans le rendement des motrices électriques et des sous-stations d'alimentation des caténaires, l'électrification d'une nouvelle ligne S.N.C.F. se traduit dans le cas où cette ligne est alimentée par une centrale thermique fonctionnant au fuel, par la consommation d'une quantité de fuel lourd équivalente ou légèrement inférieure à la quantité de carburant diesel économisée. Même dans l'hypothèse pessimiste de l'équivalence, cette substitution présente un certain intérêt économique, car la production française de fuel lourd risque d'être excédentaire au cours des années à venir, du fait de la structure du système de raffinage.

Dans la suite de cette annexe, pour déterminer des chiffres minima d'économie, on supposera que l'électrification ne permet pas d'économies d'énergie par substitution d'une source à une autre, même si des calculs plus précis, ligne par ligne, peuvent faire apparaître un léger gain.

Par contre, étant donné que la consommation d'électricité des nouvelles lignes électrifiées présentera une grande régularité dans le temps, il est possible d'admettre qu'à compter de l'année située vraisemblablement entre 1981 et 1985, où les centrales thermiques fonctionnant au fuel cesseront d'être utilisées en base, cette consommation d'électricité proviendra en totalité de centrales nucléaires et correspondra à une économie nette de produits pétroliers.

## 2. LA LIGNE PARIS SUD-EST

La ligne nouvelle ramènera la distance ferroviaire de 512 à 425 km entre Paris et Lyon. La distance autoroutière est de 460 km et peut être estimée en moyenne à 470 km par avion.

La création d'une infrastructure nouvelle permettra des économies d'énergie par raccourcissement des distances et par substitution du train à des modes plus consommateurs comme la route et l'avion.

### Consommations unitaires

a) **Avion** : Des avions du type de ceux actuellement en service consomment en moyenne de l'ordre de 110 gep par passager-kilomètre (avec un coefficient de remplissage de 65 %). Compte tenu des progrès prévisibles et de la diversité des relations aériennes sur la ligne Paris-Sud-Est, nous retiendrons une consommation au voyageur-kilomètre intermédiaire entre celles de l'Airbus, du Mercure et des avions actuels, soit 90 grammes d'équivalent pétrole par passager-kilomètre (ou 42,3 kg, pour 470 km).

b) **Route** : Nous retiendrons 10 l/100 km sur autoroute, avec deux personnes en moyenne par véhicule, soit 37,5 gep/passager-kilomètre (ou 17,25 kg pour 460 km).

c) **Fer classique** : Nous retiendrons une moyenne pondérée entre deux types de trains :  
— 85 % en train « ordinaire », coefficient d'occupation de 55 % et 38 Wh par passager-kilomètre ;

— 15 % en train « rapide », type Mistral, coefficient d'occupation de 60 % et 65,15 Wh par passager-kilomètre, avec en plus 3,6 gep par passager-kilomètre pour la climatisation.

Soit, en moyenne, et compte tenu de l'équivalence retenue (1 kWh = 240 gep), une consommation de 10,7 gep par passager-kilomètre (ou 5,42 kg pour 512 km).

d) **Train grande vitesse (T.G.V.)** : Compte tenu des prolongements, et y compris la climatisation, nous retiendrons 71,25 Wh/passager-kilomètre, soit 17,1 gep (ou 7,27 kg pour 425 km).

### Economie par passager

Compte tenu des distances et des consommations unitaires retenues, l'économie par passager sera la suivante :

Passager détourné de l'avion : 35,03 (kilo équivalent pétrole).

Passager détourné de la route : 9,98 kep.

Passager détourné du fer classique : — 1,79 kep.

Passager induit : — 7,27 kep.

### Trafic en 1985

Le rapport du groupe de travail chargé de mettre à jour l'étude des transports à grande vitesse sur l'axe Paris-Sud-Est (présidé par M. Le Vert) donne, pour 1980, des projections de trafic selon une hypothèse de base et une hypothèse alternative. L'hypothèse de base reprenait les trafics retenus dans l'étude de 1970. Les facteurs qui avaient déterminé l'étude d'une hypothèse alternative se sont confirmés depuis : Le trafic ferroviaire de voyageurs à moyenne distance se développe favorablement et les tarifs aériens ont tendance à se maintenir à des niveaux plus élevés que ce qui était prévu en 1970.

Nous adopterons donc, pour nos calculs, l'hypothèse alternative.

Le même rapport supposait comme vraisemblable qu'un tiers du trafic induit de 2<sup>e</sup> classe serait formé d'usagers se transférant de la route. Nous aurions donc, en 1980, les trafics suivants sur la ligne T.G.V. :

TABLEAU N° 5  
Trafic sur la ligne T.G.V. en 1980

Milliers de voyageurs	
Nature	Trafic
Détourné avion .....	1 749
Détourné route .....	905
Détourné fer .....	9 560
Induit .....	2 931
<b>Total</b> .....	<b>15 145</b>

Pour obtenir les trafics en 1985, nous supposerons :

- une progression de 3 % par an des trafics autres que le trafic détourné de l'avion.
- Pour l'avion, une baisse de 9 % à 6 % de la progression annuelle du trafic sur la période 1980-85 en cas de mise en service de la ligne nouvelle. Les trafics avion 1980

sans et avec ligne nouvelle étant estimés dans ce rapport en 1980 à 6 295 et 4 546 milliers de voyageurs respectivement, nous aurions donc, en 1985, un trafic détourné de l'avion de 3 600 milliers de voyageurs.

Nous aurions donc, en 1985, les trafics suivants (milliers de voyageurs) :

Détourné avion .....	3 600
Détourné route (905 × 1,03 <sup>5</sup> ) .....	1 049
Détourné fer (9 560 × 1,03 <sup>5</sup> ) .....	11 083
Induit (2 931 × 1,03 <sup>5</sup> ) .....	3 398
<b>Total</b> .....	<b>19 130</b>

## Economies d'énergie en 1985

Le transfert du trafic aérien vers le train entraînerait une économie de 126 100 tep  
3 503  
par an ( $3\,600\,000 \times \frac{\quad}{1\,000}$ )

Le transfert des usagers de l'autoroute vers le rail apporterait une économie de 10 500 tep par an.

La combinaison d'un raccourcissement du trajet et d'une augmentation des consommations spécifiques par rapport à la ligne classique se traduirait, pour les usagers habituels du train qui emprunteraient la ligne nouvelle, par une surconsommation de 19 800 tep par an.

Les usagers nouveaux (hors trafic transféré de la route et du transport aérien) entraîneraient une consommation d'énergie supplémentaire de 24 700 tep par an.

La réalisation du T.G.V. éviterait par ailleurs le détournement de 56 trains de marchandises par jour, ce qui, compte tenu d'une économie de carburant de 780 kg par train, apporterait une économie annuelle de 16 000 tep.

Au total, la réalisation de la ligne Paris-Sud-Est permettrait une économie d'énergie de  $(126\,000 + 10\,500 + 16\,000) - (19\,800 + 24\,700) = 108\,000$  t, donc un peu plus de 100 000 tonnes d'équivalent pétrole par an en 1985. Ceci correspondrait à une économie de devises de 40 millions de francs pour la réalisation d'une opération dont la rentabilité collective se situe au-dessus de 30 %. L'économie ainsi calculée est cohérente avec les dernières estimations du trafic prévisible sur la ligne nouvelle Paris-Lyon.

## Economie de pétrole en 1985

Si l'on considère qu'en 1985, l'électricité utilisée pour la traction des trains sera fournie par le nucléaire, le T.G.V. permet d'économiser en pétrole la quantité d'hydrocarbures qui aurait été nécessaire aux usagers de la route ou de l'avion s'ils n'avaient pas été transférés sur le T.G.V.

Trafic détourné de la route :

$$1\,049 \times 460 \text{ km} \times 37,5 \text{ gep} = 18\,000 \text{ tonnes.}$$

Trafic détourné de l'avion :

$$3\,600 \times 470 \text{ km} \times 90 \text{ gep} = 152\,000 \text{ tonnes.}$$

Soit au total 170 000 tonnes de pétrole en 1985 auxquelles devraient s'ajouter les économies de saturation pour le trafic de marchandises, soit 16 000 tonnes par an.

### 3. LA LIGNE RIVE DROITE DU RHONE

Cette section de ligne, actuellement en cours d'électrification, ne supporte que du trafic marchandises. Les installations en service, particulièrement la signalisation, font que la saturation aurait dû intervenir en 1975 s'il n'y avait pas eu la crise.

L'électrification et surtout la modernisation vont donc permettre une nouvelle croissance du trafic et éviter une évacuation du trafic du fer vers d'autres modes.

Nous allons donc maintenant estimer :

- le gain en pétrole (par utilisation d'électricité d'origine nucléaire) ;
- le gain en énergie pour l'année 1985 et pour le supplément de trafic (par rapport au trafic de saturation) par comparaison entre le transport ferroviaire à traction électrique et le transport routier.

#### Economies de pétrole

D'après les estimations de la S.N.C.F., l'année de saturation pour la rive droite du Rhône devait être 1975. La crise n'a fait que reculer cette échéance et si le trafic ferroviaire retrouve une croissance normale, on peut prévoir cette saturation pour 1977 ou 1978.

Le trafic correspondant à ce seuil de saturation était de 3 130 millions de tkbr correspondant à 1 254 millions de tonnes/km. La quantité de carburant nécessaire pour ce transport était de 23 200 m<sup>3</sup> soit 18,5 cm<sup>3</sup> par tk (ou 19 300 tonnes et 15,4 gep/tk).

Les estimations du trafic par voie ferrée dans la vallée du Rhône ont été faites par la S.N.C.F., le S.R.E. de Provence Côte d'Azur, le Comité technique de direction du Plan de transport 13 et par l'U.I.C.

Ce trafic ferroviaire ne représente qu'une partie du flux total du sillon rhodanien. Si L'électrification évite donc le transfert vers les autres modes de transport du trafic de transport de la façon suivante :

75 % par la route et 25 % par la voie d'eau.

L'électrification évite donc le transfert vers les autres modes de transport du trafic supplémentaire à celui de saturation. On étudiera ce supplément de trafic ferroviaire correspondant à l'année  $n + 6$  ;  $n$  étant l'année de la mise en service. On sait maintenant que la dernière section Nîmes-Villeneuve-lès-Avignon sera mise en service fin 1979.

Le supplément de trafic dans l'hypothèse haute de l'étude S.N.C.F. (correspondant à une intégration de l'Espagne à la C.E.E.) était de :

Nombre de trains : 57 ;

Tonnage (en milliers de tonnes) : 12 936 ;

Tonnage-kilomètre (en millions de t-km) : 4 870.

Les consommations moyennes données par la S.N.C.F. sont les suivantes :

Train de marchandise en R.A. (régime accéléré) :

Train léger : 67,5 Wh/tk.

Train lourd : 64 Wh/tk.

Train de marchandise R.O. (régime ordinaire) :

Train léger : 50,5 Wh/tk.

Train lourd : 49 Wh/tk.

En supposant qu'on ait autant de trains lourds que de trains légers, la consommation moyenne serait de 65,7 Wh/tk pour le R.A. et de 49,8 Wh/tk pour le R.O.

Il y avait en France en 1974 15 % de transports en R.A. et 85 % en R.O. ; en supposant que cette moyenne s'applique à notre cas, on obtiendrait une consommation globale moyenne de 52,2 Wh/tk.

Au total et pour les 4,87 milliards de tk considérés à l'horizon 1985, cela donnerait une consommation de 254 millions de kWh correspondant à 61 000 tep.

On suppose maintenant que si l'électrification ne se fait pas, ce supplément de trafic est assuré pour les trois quarts par la route et pour le quart restant par la voie d'eau.

Le rapport de M. Le Vert, du Conseil supérieur des Transports, fait état pour la route d'une consommation unitaire moyenne de 5 litres de carburant diesel pour 100 TR dans la tranche des 300 à 400 km.

Ces consommations tiennent compte des coefficients de parcours à vide et de remplissage.

Si l'on considère les trois quarts du trafic supplémentaire et suppose qu'il soit transporté par la route, on obtiendrait une consommation totale de  $183 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  ou 152 000 tep.

Pour le quart restant qui serait transporté par la voie d'eau, on prendra une consommation unitaire de 20 gep à la tk compte tenu du fait que les puissances installées sur le matériel rhodanien sont plus fortes qu'ailleurs à cause de la force du courant de ce fleuve.

Cela donnerait une consommation totale de  $24 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  ou 20 000 tep.

En définitive, le supplément de trafic à l'année 1985 consommera l'équivalent de 61 000 tep avec la solution ferroviaire électrifiée au lieu de 172 000 tep si l'électrification n'était pas réalisée.

L'électrification de la rive droite du Rhône évitera donc un supplément de consommation que nous estimerons, compte tenu d'une marge de sécurité de 10 %, à 100 000 tonnes d'équivalent-pétrole en 1985.

#### 4. AUTRES LIAISONS

Contrairement aux lignes étudiées précédemment, et qui concernent en fait l'ensemble Paris-Marseille, il n'y a pas de phénomène de saturation sur les sections qui restent à étudier.

Les renseignements obtenus des services de la S.N.C.F. ne permettent pas des évaluations précises des économies réalisées. En fait on dispose de données sur deux opérations dont le taux de rentabilité pour l'entreprise est supérieur à 13 % : il s'agit de Bordeaux-Montauban et de Narbonne-Port-Bou et d'une troisième, Tours-Nantes, dont le taux de rentabilité est inférieur à 13 %.

Pour les deux premières opérations, nous disposons de renseignements relatifs à l'année 1982 :

	Energie électrique consommée par la ligne électrifiée
Bordeaux - Montauban .....	71.10 <sup>6</sup> kWh
Narbonne - Port-Bou .....	36.10 <sup>6</sup> kWh

Pour estimer les résultats en 1985, on peut tabler sur les prévisions de trafic (hypothèse basse) faites par la S.N.C.F. à l'automne 1975 pour déterminer le montant des investissements nécessaires au cours du VII<sup>e</sup> Plan : + 4 % pour les voyageurs et + 2 % pour les marchandises, ce qui semble constituer un maximum pour le trafic donc pour les économies d'énergie.

On supposera que cela se traduirait par une croissance de 3 % de l'énergie nécessaire.

Les quantités de pétrole économisées en 1980 par substitution de source énergétique seraient alors de :

Bordeaux - Montauban .....	19 000 tep
Narbonne - Port-Bou .....	10 000 tep

Pour la section Tours-Nantes (avec l'antenne Saumur-Thouars), on dispose d'assez peu de renseignements concernant la consommation d'énergie. On peut faire une estimation à partir du trafic constaté en 1974 :

Voyageurs .....	866 000 trains-km
Marchandises .....	2 849 000 trains-km

Ce trafic est assuré par des rames R.T.G. et quelques trains classiques pour les voyageurs.

Pour les marchandises, on a des trains de 480 tonnes en moyenne pour le R.A. et de 977 tonnes pour le R.O.

Au total, ces circulations correspondent à un trafic qui, d'après la S.N.C.F. et pour donner un élément de comparaison, n'est pas inférieur à celui de l'artère Bordeaux-Montauban.

Faute d'éléments d'appréciation supplémentaires, on supposera que pour la liaison Tours-Nantes à l'horizon 1985, la situation sur le plan énergétique se présenterait comme celle de Bordeaux-Montauban.

## 5. BILAN ET CONCLUSIONS

Le tableau suivant regroupe les principaux résultats :

Projets d'électrification	Paris Sud-Est	Rive droite du Rhône	Bordeaux Montauban	Narbonne Port-Bou	Tours Nantes	Total
Investissements en MF hors taxes (électrification et modernisation) .....	2 400	905	272	226	430	4 233
Taux de rentabilité S.N.C.F.	17 %	19 %	13,9 %	14,7 %	8 %	
Taux de rentabilité pour la collectivité .....	33 %					
Economie d'énergie à l'horizon 1985 par transfert intermodal (10 <sup>3</sup> TEP) ....	100	100				200
Economie de pétrole en 1985 (10 <sup>3</sup> TEP) (*) .....	170	119	19	10	19	337
Economie directe de devises (MF) .....	68	47	8	8	8	135

(\*) En supposant l'électricité utilisée pour la traction fournie à partir du nucléaire.

La réalisation des projets envisagés ci-dessus entraînerait donc une économie d'énergie de 200 000 tonnes en évitant le transfert des trafics vers les modes moins économiques en carburant, transfert qui serait inévitable si les investissements permettant à la capacité du rail de suivre l'évolution de la demande n'étaient pas réalisés à temps.

Si l'on considère qu'en 1985, l'électricité sera fournie à partir de centrales nucléaires fonctionnant en base, l'électrification, en plus de l'économie d'énergie déjà signalée, entraînera une économie de produits pétroliers par substitution d'énergie d'origine

nucléaire au pétrole qui serait nécessaire pour faire fonctionner des lignes non électrifiées. Cette économie de pétrole serait de 337 000 tep en 1985, soit en devises 135 MF dont il faut déduire le coût en devises assez faible de l'uranium importé pour produire une quantité d'énergie équivalente à 200 000 tonnes de pétrole.

Aux environs de 1985, la réalisation du programme nucléaire entraînera pour ces projets d'électrification des gains supplémentaires dus au remplacement de la consommation d'énergie provenant des centrales thermiques par celle provenant des centrales nucléaires fonctionnant en base, qui fournissent de l'énergie à un coût de revient très avantageux.

Dans son rapport d'activité de 1975, l'E.D.F. donnait le coût spécifique moyen du kWh selon le type de centrale :

Centrales thermiques classiques : 11,04 centimes par kWh.

Centrales nucléaires : 8,48 centimes par kWh.

Ces économies prises en compte dans les taux de rentabilité de ces projets apportent des gains de 1/2 point pour Paris-Sud-Est, Narbonne-Port-Bou, et Tours-Nantes, et de 1 point pour la rive droite du Rhône et Bordeaux-Montauban.

Si l'on essaie maintenant de porter un jugement global sur l'intérêt économique de ces diverses opérations, on peut dire :

— la construction de la ligne Paris-Sud-Est et l'électrification de la rive droite du Rhône, de Bordeaux-Montauban et de Narbonne-Port-Bou sont justifiées par le seul taux de rentabilité pour la S.N.C.F.. La rentabilité pour la collectivité est, du reste, très nettement supérieure. La nécessité d'économiser l'énergie confirme l'intérêt de ces opérations et rend nécessaire leur réalisation rapide.

— Pour les autres électrifications dont la rentabilité est inférieure au taux de 13 % choisi pour seuil, on devrait envisager une analyse à plusieurs critères, faisant intervenir l'économie du pétrole, de devises et les avantages pour la collectivité nationale non pris en compte dans le calcul de rentabilité pour la S.N.C.F.

## **VIII - Construction d'un navire nucléaire**

## 1. LA PROPULSION NUCLÉAIRE DES NAVIRES MARCHANDS

### 1.1. Raisons incitant au développement de la propulsion nucléaire navale

#### Seuil de rentabilité de la propulsion nucléaire

La substitution de l'énergie nucléaire à l'énergie fossile, rentable pour la production d'électricité dans les grandes centrales terrestres, atteint aujourd'hui le seuil de compétitivité pour la propulsion navale civile, à partir d'une puissance de l'ordre de 60 000 CV pour laquelle le surinvestissement spécifique, ne croissant que faiblement avec la puissance entre 50 000 CV et 150 000 CV est amorti par l'économie réalisée sur les combustibles classiques dont la consommation est fonction directe de la puissance.

Une puissance installée de 60 000 CV à 120 000 CV correspond à des navires du type suivant :

- des pétroliers de 0,5 MTPL environ naviguant à 16-20 nœuds ;
- des transporteurs de gaz liquéfiés de 200 000 m<sup>3</sup> naviguant à 25-27 nœuds ;
- des porte-conteneurs rapides de 40 000 t environ naviguant à 25-27 nœuds.

La faisabilité de tels navires par les seuls moyens français est acquise depuis plusieurs années. Un schéma industriel tirant parti des connaissances acquises par le Commissariat à l'Energie Atomique a été mis en place. Aux conditions économiques actuelles, l'exploitation de ces navires serait économiquement équilibrée.

On estime que l'économie *annuelle* de fuel lourd est de l'ordre de la *tonne* par cheval de puissance installée pour un taux d'utilisation de 50%. Or, le taux d'utilisation moyen pour les types de navires cités ci-dessus, tourne autour de 75 à 80%. L'économie de pétrole correspondante sera donc de l'ordre de 100 000 t/an pour un pétrolier de 0,5 MTPL et de 110 000 t/an pour un porte-conteneurs de 80 000 CV.

Les graphiques ci-joints extraits d'un article récent (réf. 6) définissent les courbes qui pour un couple de valeurs de prix des soutes, et du prix du combustible nucléaire donnent le seuil de puissance assurant la compétitivité de la propulsion nucléaire par rapport à la propulsion classique. L'intérêt de ces courbes réside essentiellement dans les ordres de grandeur, les classements et les sensibilités aux divers paramètres.

#### Aspect industriel et technique

La France se trouve dans une situation globalement favorable pour développer la propulsion navale nucléaire pour les navires marchands, grâce à la possibilité qu'elle s'est donnée de transmettre aux chantiers civils l'acquis technologique et l'expérience de la marine militaire.

C'est là un atout important puisque seule la France parmi les pays intéressés a permis ce transfert. Actuellement les Allemands (groupement Interaction) et les Américains (Babcock et Wilcox) ont 15 à 18 mois d'avance sur la France, délai qui correspond à la présentation « sur le papier » d'un projet complet de navire à un armateur.

L'expérience pratique des Allemands (l'Otto Hahn) et des Américains (Le Savannah) reste cependant restreinte, ce qui laisse craindre quelques difficultés de mise au point. Il apparaît donc intéressant de mettre les chantiers français intéressés en mesure de proposer aux armateurs des projets de navires qui leur permettent de supporter la concurrence internationale et de valoriser notre acquis technologique et notre expérience industrielle.

## 1.2. Evaluation des conséquences du développement de la propulsion nucléaire

S'il est facile de chiffrer les économies de combustible pétrolier que l'on peut réaliser en adoptant la propulsion nucléaire sur un navire de type donné, il est par contre plus difficile d'estimer ces mêmes économies à l'échelle des flottes de commerce mondiale ou nationale.

Pour étudier ce problème, et sachant que le premier navire de commerce à propulsion nucléaire ne pourra voir le jour avant 1980, il convient d'abord d'évaluer le nombre de navires de plus de 50 000 CV à mettre en service pendant la prochaine décennie (1980-1990).

Ce point a fait l'objet d'une étude réalisée par le Secrétariat général de la Marine marchande (réf. 2) en 1973-1974. Cette étude a pris en compte la flotte existante, les prévisions de trafic et les retraits de service pour aboutir au tonnage global à construire pour deux types de navires (pétroliers, porte-conteneurs ou porte-barges). Il faut noter toutefois que cette étude ne tient pas compte des modifications structurelles des programmes commerciaux des navires futurs dues à l'introduction de la propulsion nucléaire en particulier dans le domaine de l'augmentation des puissances installées et des vitesses de croisière.

En prenant pour hypothèse :

- 1) Le maintien de la part de tonnage correspondant aux navires de fortes puissances (plus de 0,4 MTPL pour les pétroliers et plus de 50 000 CV installés pour les porte-conteneurs ou porte-barges) ;
- 2) et le maintien de la part du tonnage sous pavillon français dans la flotte mondiale (environ 5% pour les pétroliers et environ 3% pour les porte-conteneurs),

On aboutit aux estimations suivantes :

	Pétroliers	Porte-conteneurs	Total
1973 (année de base de l'étude)			
Flotte mondiale .....	36 unités de plus de 0,4 M.T.P.L.	31 unités de plus de 80 000 CV	67 unités
Nombre de navires à mettre en service entre 1980 et 1990			
Flotte mondiale .....	100 unités	200 unités	300 unités
Flotte française .....	5 à 6 unités	6 à 7 unités	11 à 13 unités

N.B. Ces chiffres ne concernent que les navires susceptibles d'être équipés de la propulsion nucléaire, celle-ci étant supposée rentable à partir d'une puissance installée de 50 à 60 000 CV.

A partir des chiffres du tableau ci-dessus, on peut tirer les conclusions suivantes :

- 1) Sur le plan des économies de combustibles fossiles :

Si les 11 à 13 unités sous pavillon français étaient effectivement dotées de la propulsion nucléaire et si leurs mises en service s'effectuaient à raison d'une unité par an à partir de 1980, l'économie en fuel lourd atteindrait 1 million de tonnes par an en 1990. Les économies en devises correspondantes se situeraient donc à 40 MF en 1980 et 400 MF en 1990 (en francs 1975).

- 2) Sur le plan de la construction navale en France :

Au niveau mondial, le marché *potentiel* de navires susceptibles d'être équipés d'une propulsion nucléaire est par an, de 30 unités à partir de 1980 et ceci pour un nombre restreint de pays possédant la technique correspondante.

La construction nucléaire peut donc constituer un atout très important pour nos exportations dans le domaine des industries navales.

### 1.3. Intérêt et contenu d'un programme national de développement

#### a) Les avantages

Les considérations précédentes montrent que l'énergie nucléaire appliquée à la propulsion navale présente trois sortes d'avantages :

- 1) En tant que moyen de transport, rentabilité économique supérieure à celle des navires classiques de même tonnage à partir d'un certain seuil de puissance.
- 2) Au niveau industriel, marché potentiel important pour la construction navale surtout pour l'exportation.
- 3) Et enfin, comme effet direct, économie de combustible pétrolier se chiffrant à 100 000 tonnes par an et par navire à propulsion nucléaire sous pavillon français.

A ces trois aspects positifs s'ajoute le fait que lorsque le mouvement vers l'adoption de la propulsion nucléaire aura commencé, c'est-à-dire lorsque les navires nucléaires auront leur place dans les ports et les chantiers, et que la législation adéquate sera en place, son développement subira une accélération importante à laquelle il convient de réfléchir dès maintenant. En effet pour que la technique nucléaire française soit présente sur le marché mondial de la propulsion navale en 1980, il faut prendre des mesures assez rapidement.

On doit cependant noter que la construction d'un navire nucléaire permet une économie de produits pétroliers sous la forme de fuel lourd. L'exacte appréciation de l'avantage énergétique qui en découle doit tenir compte de la possibilité d'excédents de coupures lourdes après 1980 du fait de l'évolution de la répartition de la consommation entre produits lourds et légers à la suite de la mise en services des centrales nucléaires.

#### b) Contenu et coût d'un programme de définition d'un navire nucléaire

— Il faut d'abord poursuivre la définition de la chaudière nucléaire. Le délai est de l'ordre de 3 ans pour un coût d'environ 80 MF.

— Il est nécessaire d'étudier pour un type de navire particulier les interfaces chaudière-navire, les renforcements de charpente, l'évolution des parties de la coque pour optimiser la vitesse en fonction de la puissance, les techniques spécifiques d'exploitation du navire, etc.

On peut estimer que pour le premier bateau du type à propulsion nucléaire, le montant des études sera environ le double de ce qui est prévu pour un bateau classique comparable soit approximativement 20 MF.

L'effet de série jouera pour tout bateau qui sans être du même type que le premier sera équipé de la même chaudière nucléaire, pouvant réduire le surcoût d'études de 50 %.

— Parallèlement à ces études les chantiers intéressés pourraient définir un projet pour présentation à un acheteur éventuel sous 18 mois et se retrouver alors au même niveau sur le plan commercial que les concurrents étrangers.

— A titre d'exemple on évalue aujourd'hui à 120 MF le surcoût « nucléaire » d'un pétrolier de 500 000 TPL.

#### Comparaison entre les coûts et les avantages

En définitive, il semble que le surcoût pour la nation, par rapport aux navires classiques, et en tenant compte du bilan d'ensemble investissement-fonctionnement, doive être de l'ordre d'une centaine de millions de F pour un gain qui atteindrait en 1985 plusieurs centaines de millions de tonnes de pétrole par an (près de 200 MF de devises par an), et vers 1990 près d'un million de tonnes de pétrole par an (400 MF de devises). Même en tenant compte des incertitudes évoquées ci-dessus, l'opération vaut certainement d'être tentée d'autant plus qu'elle comporterait des avantages très importants pour la construction navale française.

**TABLEAU ANNEXE N° 1**  
**ÉCONOMIE ANNUELLE PAR CV DE PUISSANCE INSTALLÉE**

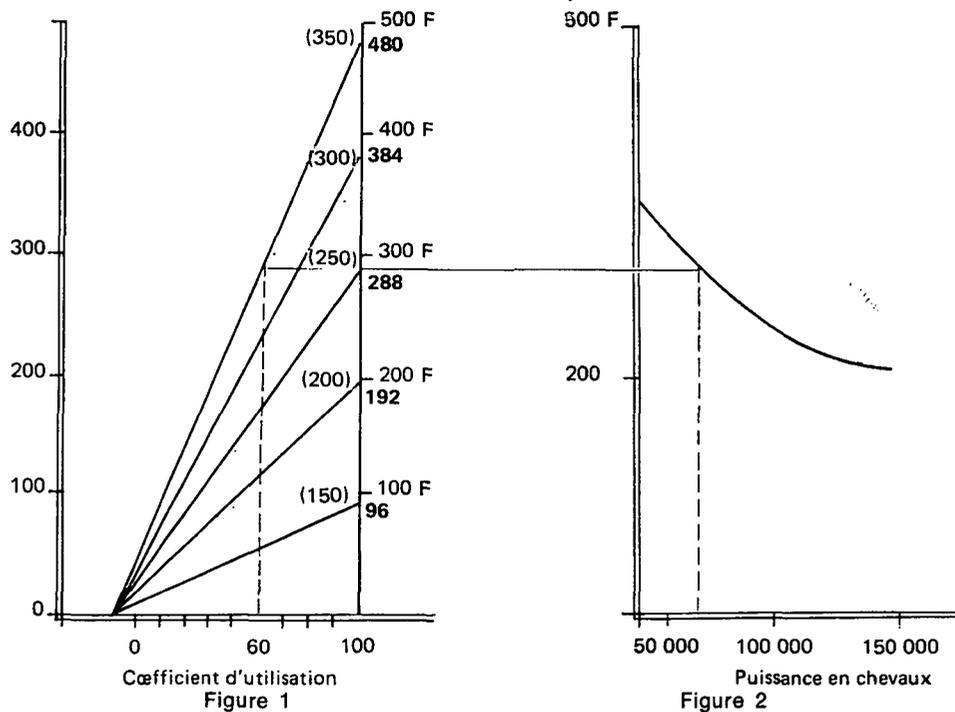


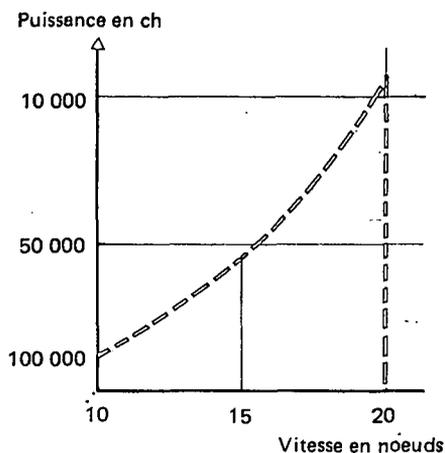
Figure 1 : Economie annuelle par cheval de puissance installée résultant de la substitution du combustible nucléaire au fuel lourd en fonction :

- du coefficient d'utilisation du navire (en abscisse) ;
- du prix du fuel en francs/tonne (de 150 à 350 F) ;
- pour un prix du combustible nucléaire de 2,2 centimes par cheval-heure.

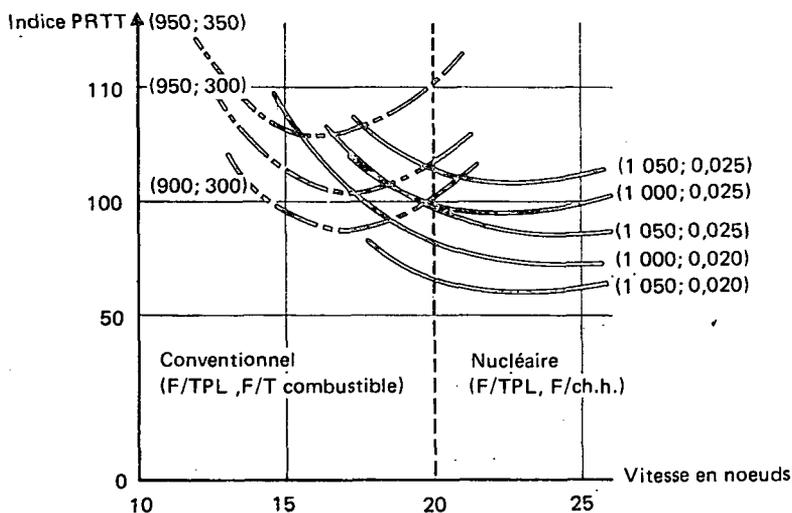
Figure 2 : Surcoût annuel d'amortissement et d'assurance dû à la propulsion nucléaire par cheval de puissance installée.

Les figures 1 et 2 peuvent être utilisées en abaque pour estimer la compétitivité de la propulsion nucléaire en fonction des divers paramètres.

**TABLEAU ANNEXE N° 2**  
**VARIATION DE LA PUISSANCE D'UN PÉTROLIER**  
**DE 550 000 TPL EN FONCTION DE LA VITESSE**



**TABLEAU ANNEXE N° 3**  
**VARIATION DU PRIX DE REVIENT DE LA TONNE TRANSPORTÉE**

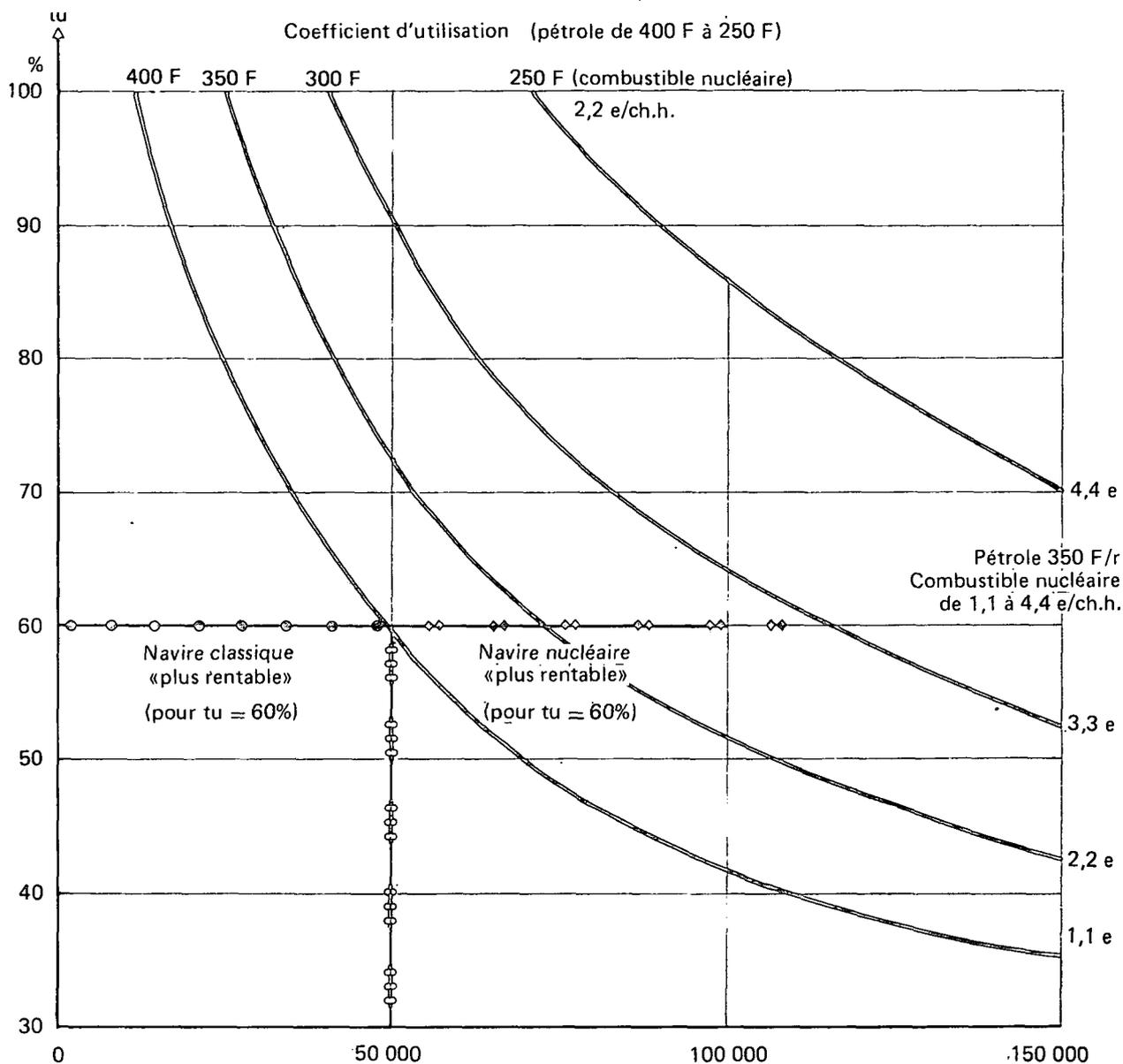


Variation de l'indice du P.R.T.T. (prix de revient de la tonne transportée) en fonction :

- de la vitesse,
- du type de navire (nucléaire ou conventionnel),
- pour différentes valeurs du prix de la coque (en francs par tonne de port en lourd) et du prix du combustible (en francs par tonne de pétrole ou par cheval-heure nucléaire).

Le cas étudié est celui d'un pétrolier de 550 000 tpl sur le trajet Le Havre-Golfe Persique, avec un taux d'actualisation de 10 %.

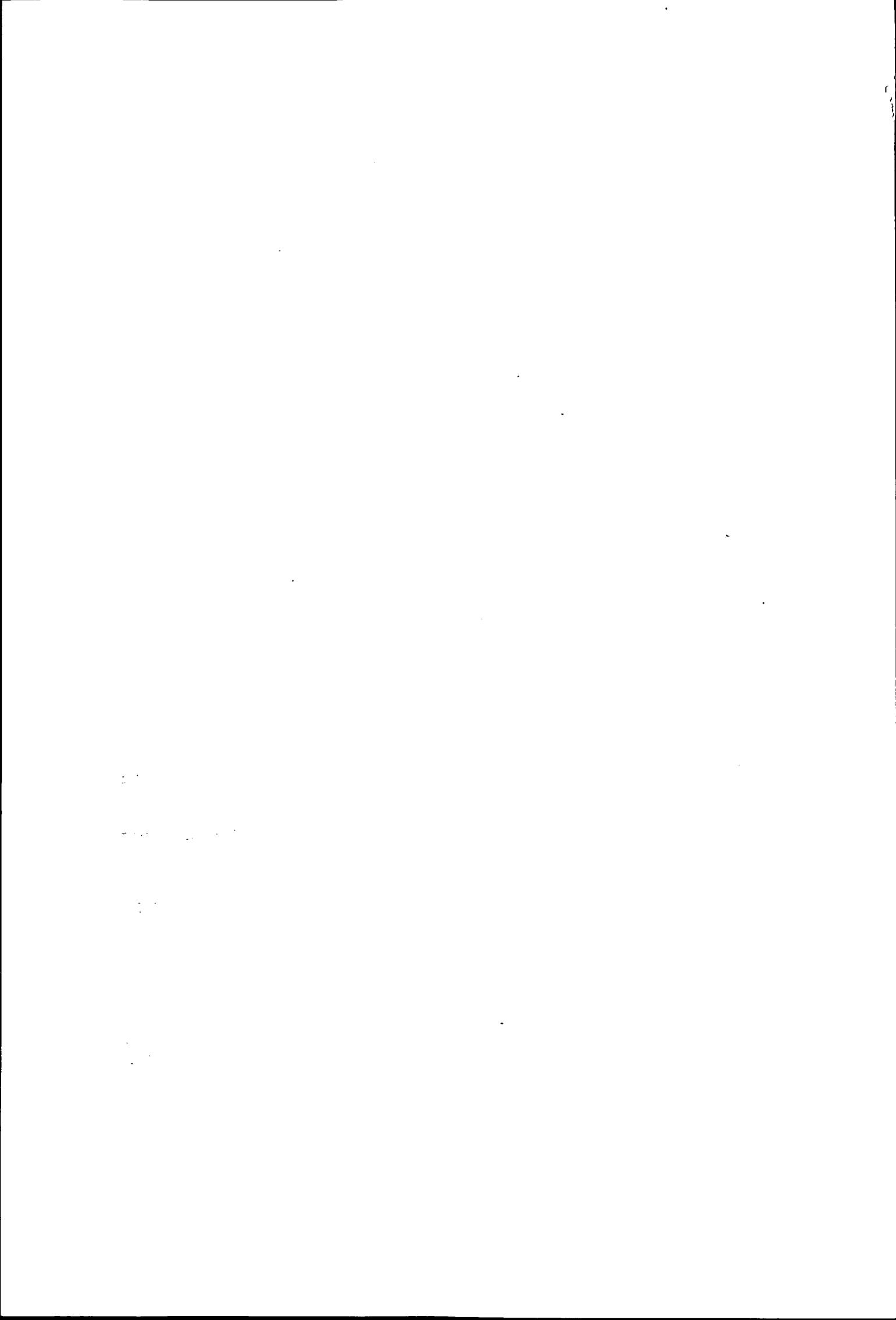
TABLEAU ANNEXE N° 4  
SEUIL DE RENTABILITÉ DU NUCLÉAIRE



En ordonnée : taux d'utilisation du navire.

En abscisse : puissance installée.

Le graphique donne le seuil de puissance en fonction du taux d'utilisation, qui rend l'économie résultant de la substitution du combustible nucléaire au combustible fossile égale à l'amortissement du surinvestissement lié à la propulsion nucléaire (courbes construites à partir du tableau annexe n° 1).



## **IX - Les transports aériens**

## 1. LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE LIÉES AUX ACTIONS SUR LA CIRCULATION AÉRIENNE

Cette note expose les actions sur la circulation aérienne pouvant présenter un intérêt du point de vue des économies de carburant. L'impact des mesures proposées n'est que rarement mesurable en termes de consommation de carburant, du fait du très grand nombre de paramètres qui entrent en jeu.

On peut, dans une première étape, dresser la liste des causes de pénalisations dues à l'existence d'un dispositif de contrôle :

— En premier lieu se tient l'architecture du réseau de voies aériennes et d'itinéraires prédéterminés qui s'écartent parfois sensiblement de l'orthodromie (l'écart en distance pouvant atteindre et même dépasser dans certains cas 10%).

— Ensuite vient le système d'attribution des niveaux de vol qui ne permet pas d'accorder systématiquement le niveau optimum (on enregistre alors une « surconsommation » de l'ordre de 1% par 1 000 pieds d'écart au niveau optimum).

— Le système de contrôle n'étant pas dimensionné en fonction des fortes pointes, il s'ensuit des phénomènes d'attente, particulièrement sensibles autour des aérodromes.

Les actions à mener pour réduire ces pénalisations viseront donc à raccourcir les routes et à augmenter — ou à mieux utiliser — la capacité du système de contrôle. Cependant, avant même de tenter de réduire les pénalisations subies par les usagers du système de contrôle, la DNA doit avant tout faire face à l'augmentation prévisible du trafic dans des conditions de sécurité et de régularité au moins équivalentes à la situation actuelle.

On peut néanmoins attendre de certaines actions — dont les objectifs principaux sont la sécurité et la régularité — qu'elles aient des retombées favorables sur la consommation de carburant et en particulier pour la circulation aérienne en route :

— La réduction des séparations entre aéronefs qui devrait permettre d'écouler un trafic plus dense, donc réduire les attentes en route et surtout faciliter l'intégration des départs dans le trafic en route.

— L'amélioration des méthodes de régulation.

— L'amélioration des méthodes de coordination entre circulations civiles et militaires pourrait conduire à une relative perméabilité des zones militaires, donc à la possibilité d'utiliser des itinéraires plus directs.

— Le passage au contrôle radar.

L'effet de ces mesures n'est pas chiffrable pour l'instant puisque les études en la matière n'ont pas encore débouché :

• On attend pour la fin 1976 des propositions de normes d'espacement radar.

• Un programme de simulations est en cours pour tester de nouvelles méthodes de contrôle basées sur l'utilisation du radar comme principal instrument de contrôle (échéance : courant 1977).

• L'amélioration des méthodes de régulation et de coordination représente deux actions continues.

\*  
\*\*

Au niveau des zones terminales où les phénomènes d'attente sont importants et les plus facilement mesurables, plusieurs actions ont déjà eu des conséquences sensibles :

— L'ouverture de l'aéroport Charles-de-Gaulle a permis une réduction notable des attentes tant au départ qu'à l'arrivée de la région parisienne.

— La mise au point d'un programme de calcul des heures de décollage prenant en compte les contraintes ATC afin d'optimiser l'heure de mise en route des moteurs en fonction de l'heure de décollage calculée.

A titre d'illustration, on peut évaluer les effets des améliorations en termes de temps d'attente total (à l'arrivée et au départ, moteurs en route) lié aux imperfections du dispositif de circulation aérienne. Nous nous limiterons aux plates-formes de l'aéroport de Paris en prenant l'année 1974 comme référence.

Ces améliorations du dispositif de circulation aérienne devraient porter sur les points suivants :

- Prise en compte des contraintes ATC pour le calcul des heures de décollage, ce qui permet de réduire sensiblement l'attente au sol moteurs en route. Il faut noter que cette mesure n'a d'effet que sur la consommation de carburant, et qu'elle ne réduit pas pour autant les retards par rapport à l'horaire demandé par les compagnies. Ce programme de calcul des heures de décollage fonctionne depuis 1975 et devrait, moyennant quelques améliorations, permettre de réduire l'attente au col moteurs en route à une valeur très faible (de l'ordre de 0,03 h en moyenne).

- Amélioration de la gestion des arrivées : Le C.E.N.A. a entrepris une série d'études portant sur les trois phases de l'approche :

- Approche initiale : On étudie la possibilité d'une prévision suffisamment fine à moyen terme (15 à 20 mn) afin de déterminer le meilleur ordonnancement d'une séquence d'atterrissages et les heures d'approche prévues.

- Approche intermédiaire : L'optique est ici de se donner les moyens de préciser de manière assez fine les heures d'atterrissage souhaitables des avions (compte tenu des diverses contraintes) et de donner aux contrôleurs les moyens de les respecter.

- Approche finale : On recherchera quels sont les facteurs prédominants dans la capacité d'écoulement d'une approche finale (turbulences de sillage, moyens de surveillance à mettre en œuvre pour travailler à séparations réduites, etc.).

L'ensemble de ces études dont on pense pouvoir utiliser les résultats d'ici 1980 devrait permettre de réduire les attentes au sol moteurs en route à une valeur très faible de l'ordre de 0,03 h/avion comme il vient d'être dit. Pour les attentes à l'arrivée, on peut raisonnablement se fixer pour objectif de maintenir le temps total d'attente au niveau de l'année 1974, et même à un niveau légèrement inférieur de 10 % (malgré l'augmentation de trafic, que l'on estime à 37 % entre 1974 et 1980).

Ceci revient donc à se donner les objectifs suivants pour 1980 :

Attente au sol moteurs en route =  $180\,000 \times 0,03 = 5\,400$  heures d'attente (nombre de départs prévus pour l'aéroport de Paris en 1980).

Attente à l'arrivée =  $2\,400$  heures — 10 % #  $2\,200$  heures (valeur 1974).

A supposer que le système de contrôle de la région terminale de Paris n'évolue pas entre 1974 et 1980, on assisterait à une augmentation considérable des délais d'attente, tant au départ qu'à l'arrivée : Les données disponibles sur la moyenne des retards moyens à l'arrivée en fonction du nombre d'atterrissages dans l'heure pour Orly en 1974 montrent que sous une charge accrue de 37 %, l'attente moyenne par vol serait plus que doublée ( $\times 2,2$  environ), ce qui conduirait à un temps total d'attente à l'arrivée de :  $0,018 \times 2,2 \times 18\,000 \simeq 7\,200$  heures (attente moyenne à l'arrivée en 1974 = 0,018 h/avion).

De même, les attentes au départ devraient croître, mais dans des proportions moindres que les attentes à l'arrivée, d'autant que seules doivent être prises en compte les attentes moteurs en route. C'est pourquoi on peut estimer à 13 000 heures — contre 6 900 en 1974 — le temps total d'attente au sol (ce qui correspond à un passage de l'attente moyenne de 0,05 h à 0,075 h).

Le gain obtenu, par rapport aux objectifs que l'on s'est fixé pour 1980, serait donc de 7 600 heures d'attente au sol et 5 000 heures d'attente en vol, soit l'équivalent de 7 500 heures d'attente en vol si l'on admet que la consommation en attente en vol est trois fois plus élevée que la consommation au sol (en fait, la consommation au sol moteurs réduits est encore plus faible, mais il faut tenir compte de ce que le roulage est entrecoupé d'arrêts qui induisent une consommation importante lors du démarrage).

Compte tenu d'une consommation de 2,8 t/h (consommation moyenne en attente, calculée à partir de la répartition du trafic en 7 catégories suivant le type d'appareil), ceci se traduirait par un gain de  $7\,500 \times 2,8 \# 21\,000$  tonnes de kérosène par an en 1980.

Il va de soi que ces calculs, établis sur la base de la comparaison entre la situation attendue en 1980 et une situation fictive dans laquelle le système de contrôle serait figé dans la forme qu'il avait en 1974 n'ont qu'une valeur tout à fait théorique. Ils visent

simplement à tenter de dégager les effets des améliorations du système de contrôle sur les phénomènes d'attente, alors que ces améliorations n'ont pas toujours pour objectif la réduction des attentes et sont absolument nécessaires pour assurer une sécurité et une régularité acceptable compte tenu de l'augmentation du trafic.

## 2. CIRCULATION AU SOL DES AVIONS - ÉCONOMIE POSSIBLE DE CARBURANT PAR TRACTAGE

### Les consommations au sol des avions

Actuellement, les avions roulent par leurs propres moyens entre la piste et le parking et inversement et consomment donc des quantités non négligeables de carburant pour ces déplacements ; la compagnie Air France a constaté en 1974-75, pour l'aéroport d'Orly, les résultats suivants :

Type d'avion	Temps de roulage (en minutes)					
	Hiver 1974-75			Été 1975		
	Départ	Arrivée	Total	Départ	Arrivée	Total
A 300 .....	10	5	15	10	5	15
B 727 .....	11	5	16	10	6	16
B 747 .....	14	7	21	14	8	22
B 707 .....	13	7	20	12	7	19

Nous retiendrons le temps minimum pour chaque avion entre été et hiver afin de se mettre dans l'hypothèse la plus défavorable ; d'autre part, nous considérerons que le DC 8 peut être rapproché du B 707 et que le DC 10 roulera un temps sensiblement équivalent au B 747. Ce qui nous donne donc les temps totaux de roulage suivants à Orly :

A 300 15'  
 B 727 16'  
 B 747 21'  
 B 707 19'  
 DC 10 21'  
 DC 8 19'

La compagnie Air France a constaté d'autre part, tant à Orly qu'à Roissy, les consommations suivantes au roulage :

A 300 30 kg/min  
 D 727 25 kg/min  
 B 747 60 kg/min  
 B 707 40 kg/min  
 (Concorde 100)

Nous considérerons que le DC 8 a la même consommation que le B 707 et que le DC 10 consomme autant que le B 747, soit respectivement 40 et 60 kg/minute.

Le rapprochement de ces deux données nous donne la consommation de carburant pour le roulage de ces avions entre piste et parking et inversement (le Concorde n'allant pas à Orly sera exclu) :

A 300 = 450 kg  
 B 727 = 400 kg  
 B 747 = 1 260 kg  
 B 707 = 760 kg  
 DC 10 = 1 260 kg  
 DC 8 = 760 kg

Enfin, nous considérerons d'une part le prix du carburant qui est de 63 centimes le kg (prix de revient à Orly donné par la compagnie Air France) et d'autre part que le tractage ne pourra éviter les 5 minutes de consommation nécessaires pour la chauffe des réacteurs et la check-list correspondante.

Ce qui nous donne, pour Orly, les résultats suivants :

Type d'avion	Temps de roulage départ + arrivée (minute) (temps de chauffe déduit)	Consommation (kg/minute)	Prix carburant F	Coût total roulage (temps de chauffe déduit)
A 300 .....	10'	30	0,63	189
B 727 .....	11'	25	0,63	173
B 747 .....	16'	60	0,63	605
B 707 .....	14'	40	0,63	353
DC 10 .....	16'	60	0,63	605
DC 8 .....	14'	40	0,63	353

Il est bien certain que nous n'avons retenu que les 6 avions les plus gros consommateurs de carburant.

Des statistiques 1974 de l'aéroport de Paris, nous pouvons sortir le nombre de mouvements à Orly pour ces appareils :

A 300 : 1 857 mouvements soit environ 928 aller-retour  
 B 727 : 33 085 mouvements soit environ 16 542 aller-retour  
 B 747 : 5 533 mouvements soit environ 2 766 aller-retour  
 B 707 : 17 415 mouvements soit environ 8 707 aller-retour  
 DC 10 : 1 056 mouvements soit environ 528 aller-retour  
 DC 8 : 3 549 mouvements soit environ 1 774 aller retour

Total : 31 245

Il serait d'ailleurs intéressant de reprendre ce calcul dès que les statistiques 1975 sortiront.

Ces différentes données statistiques constituent la première partie de l'exposé concernant le roulage des avions par leurs propres moyens ; nous allons considérer maintenant le problème du tractage, son coût et enfin nous essayerons de comparer ces deux parties.

### Le tractage au sol

La société « Secmafer » semble avoir résolu les problèmes techniques du tractage à grande vitesse (60 km/h) des avions avec son prototype SF 3 000 ; nous ne considérerons pas ici, les problèmes de mise en exploitation de ce système qui bien sûr nécessitera quelques aménagements comme par exemple des aires d'attente et de giration à proximité des pistes ou l'organisation proprement dite de la circulation au sol des avions tractés par rapport à ceux qui ne le seront pas, tous ne pouvant en effet être tractés pour de simples questions de non rentabilité du système pour les avions qui consomment peu.

Nous allons essayer de chiffrer maintenant le coût de l'exploitation de ce type de tracteur en émettant les hypothèses suivantes que nous prendrons les plus défavorables possibles afin de se donner une marge financière suffisante permettant de pallier aux dépenses que nous n'aurons pas prévues :

### *Première hypothèse*

Le coût du tracteur SF 3 000 sera environ de 5 000 000 F ; pour financer son achat, nous considérerons que l'exploitant fera un emprunt remboursable en 5 ans à parts égales, soit 1 million de francs par an et qu'il paiera 10 % d'intérêt par an soit :

500 000 F la première année,

400 000 F la deuxième année,

300 000 F la troisième année,

200 000 F la quatrième année,

et 100 000 F la cinquième année,

soit un remboursement + intérêt annuel moyen de 1 300 000 F.

### *Deuxième hypothèse*

Ipsa facto nous considérons donc l'amortissement de l'appareil sur 5 ans ; ce qui représente un nombre d'heures d'utilisation important, de l'ordre de 30 000 h, si on compare avec un engin de travaux publics comme un bulldozer qui est amorti en 15 000 h et même souvent 10 000 h. On peut cependant retenir le chiffre de 30 000 h car les conditions d'exploitation sont beaucoup moins dures ici que pour un bulldozer.

Ces 30 000 h de travail seront réparties à raison de 16 h par jour suivant les heures de pointe des mouvements d'avion, samedi, dimanche et jours fériés compris, soit, pour 5 ans :

29 200 h que nous avons arrondi à 30 000 h.

Cette façon de voir les choses entraîne comme conséquence principale qu'il faudra prévoir deux équipes comprenant un chauffeur plus un aide, une par poste de 8 h à 10 h.

### *Troisième hypothèse*

Nous considérerons qu'un tracteur tractera trois avions toutes les 2 heures en moyenne, le maximum possible étant 4, compte tenu d'une part des temps aller-retour indiqués dans la première partie et d'autre part du fait que le tractage n'augmentera ces temps que de 5' environ pour ralentissement de l'avion sortant de la piste et prise en charge par le tracteur.

Nous considérerons enfin que les types d'avions tractés seront au prorata du nombre de mouvements de chaque type ; soit sur les 24 avions tractés par jour par tracteur, il y aurait donc en principe :

13 aller-retour de A 300 ou B 727 tractés par jour ;

3 aller-retour de B 747 ou DC 10 tractés par jour

8 aller-retour de B 707 ou DC 8 tractés par jour.

Total : 24 aller-retour avions tractés par jour pour 1 tracteur.

Nous avons rapproché les A 300 et les B 727, les B 747 et les DC 10 et les B 707 et les DC 10 qui ont des coûts de roulage à peu près égaux.

Partant des hypothèses principales ci-dessus, nous allons estimer le coût journalier de l'exploitation d'un SF 3 000.

#### *1) Frais financiers*

— Le remboursement du capital ..... 5 000 000 F

— Les intérêts ..... 1 500 000 F

6 500 000 F

Soit par jour :  $\frac{6\,500\,000}{5 \times 365} = 3\,561$  F

arrondi à 3 600 F/j.

#### *2) Personnel*

— Deux équipes de deux hommes estimées avec les charges à 30 000 F/mois soit : 1 000 F/j.

3) L'entretien du tracteur estimé à 5 % du capital par an, soit :

685 F/j.

arrondi à 700 F/j.

Cet entretien comprend le personnel d'entretien, les pièces de rechange, les vidanges et les graissages.

4) L'assurance complémentaire estimée à 1 % du capital par an soit environ 150 F/j. (Nous considérons que l'assurance des avions reste en cours en cas de collision.)

5) Les frais généraux, comprenant le personnel de bureau, la location des bureaux et locaux garages et frais divers, estimés à 1 000 F/jour.

6) La consommation du tracteur donnée par le constructeur se montant à 315 l/h à pleine charge, nous prendrons le tiers de cette consommation pour tenir compte du temps très court pendant lequel toute la puissance du tracteur est utilisée (pendant l'accélération) et du temps important où le tracteur tourne au ralenti. Le coût en carburant s'élèvera donc à 1 000 F/j.

= 1 000 F/j.

Au total :  $3\,600 + 1\,000 + 700 + 150 + 1\,000 + 1\,000 = 7\,450$  F/j

arrondi à : 7 500 F/j.

## Bilan économique

Nous allons maintenant rapprocher les coûts de roulage des avions du coût d'exploitation du tracteur ci-dessus.

### Coût du roulage :

A 300 ou B 727 .....	2 353 F par jour
DC 10 ou B 747 .....	1 815 F par jour
DC 8 ou B 707 .....	2 824 F par jour

Total ..... 6 992 F par jour

arrondi à 7 000 F/jour.

L'exploitation du SF 3 000 revient à 7 500 F/jour. Compte tenu des hypothèses utilisées, le bilan serait donc équilibré.

Néanmoins, il est possible d'étudier une modification de la troisième hypothèse énoncée ci-dessus, qui consiste à dire que le tracteur prendrait en charge les 6 avions gros consommateurs sélectionnés dans l'ordre où ils sont susceptibles de se présenter ; il est possible, étant donné les résultats obtenus ci-dessus, d'émettre une hypothèse encore plus sélective qui consisterait à dire que le tracteur ne prendrait en charge que les B 747 ou DC 10 et les B 707 ou DC 8 et alors nous aurions les résultats suivants pour Orly :

6 aller-retour de B 747 ou DC 10 par jour

18 aller-retour de B 707 ou DC 8 par jour.

soit  $6 \times 605 = 3\,630$  F

$18 \times 353 = 6\,354$  F

Total ..... 9 984 F

arrondi à 10 000 F.

Soit une économie par jour de :  $10\,000 - 7\,500 = 2\,500$  F.

Cette hypothèse n'est pas totalement improbable puisqu'à Orly nous avons eu en moyenne en 1974 9 aller-retour de B 747 ou DC 10 par jour et 29 aller-retour de B 707 ou DC 8, un tracteur ne prendrait donc en charge que les deux tiers de ces avions arrivant et partant d'Orly ; ce qui est sans doute possible, compte tenu des heures de pointes pendant lesquelles un seul tracteur ne pourra satisfaire à la demande, sa capacité maximale de tractage étant de 2 avions à l'heure (aller-retour).

## Bilan carburant

Pour le bilan carburant, nous reprendrons les mêmes hypothèses que celles qui ont servi au bilan économique, à savoir :

1) Nombre d'avions tractés en 16 h par 1 tracteur :

- 13 aller retour de A 300 ou B 727
- 3 aller-retour de B 747 ou DC 10
- 8 aller-retour de B 707 ou DC 8

—  
24

2) La consommation des avions pendant 1 aller-retour (temps de chauffe déduit) :

- A 300 ou B 727 :  $30 \text{ kg/min} \times 10' = 300 \text{ kg/aller-retour}$
- B 747 ou DC 10 :  $60 \text{ kg/min} \times 16' = 960 \text{ kg/aller-retour}$
- B 707 ou DC 8 :  $40 \text{ kg/min} \times 14' = 560 \text{ kg/aller-retour}$

3) La consommation du tracteur pendant 16 h par jour :

- $1/3 + 315 \text{ l/h} \times 16 \text{ h/j} = 1680$  arrondi à  $1700 \text{ l/j}$
- soit :  $1700 \times 0,83 = 1400 \text{ kg/j}$ .

Nous avons ainsi :

- A 300 ou B 727 :  $13 \times 300 = 3900 \text{ kg/j}$
- B 747 ou DC 10 :  $3 \times 960 = 2880 \text{ kg/j}$
- B 707 ou DC 8 :  $8 \times 560 = 4480 \text{ kg/j}$

—  
Total : 11 260 kg/j

L'économie de carburant dans ces hypothèses serait donc de :

$$11\,260 - 1\,400 = 9\,860 \text{ kg/j}$$

arrondi à 10 t/j.

## Conclusion

Le bilan de la mise en service d'un appareil de tractage peut se résumer comme suit :

Coût du tracteur .....	5 MF
Carburant économisé par an (en $10^3$ TEP) .....	3,6
Economie directe en devises .....	1,4 MF
Rentabilité de l'opération .....	10 %

Il semble donc à première vue, que d'importantes économies ne pourront être obtenues par l'emploi du tracteur rapide pour la circulation au sol des avions. En effet, même si dans le dernier calcul réalisé on arrivait à un bilan positif, il ne faut pas oublier que certaines hypothèses employées explicitement ou implicitement ont tendance à optimiser les conclusions. Ainsi, pour un calcul plus précis, il faudrait tenir compte des éléments suivants :

— Les horaires des mouvements d'avions ne sont pas bien répartis dans la journée, d'importantes pointes de trafic existant ainsi que, en contrepartie, une période creuse non négligeable. De plus, l'heure exacte de départ ou d'arrivée est assez aléatoire autour de l'horaire prévu. Ces deux raisons font qu'il semble improbable qu'un tracteur puisse fonctionner à plein rendement (2 avions à l'heure) pendant les 16 heures ouvrables de la journée.

— Deux équipes de deux hommes sont insuffisantes pour s'occuper d'un tracteur (congé, repos hebdomadaire, arrêts de travail, ...).

— Certaines dépenses ont été écartées comme par exemple, certains aménagements de la plate-forme et des taxiways pour rendre le tractage possible.

L'étude à faire devra examiner les modalités d'exploitation de l'éventuel engin de traction. Il y a là un point assez délicat, puisque devront être conciliées les exigences de sécurité, d'attribution des heures de passage sur les pistes d'envol et de circulation, et le prix de revient. En toute hypothèse, une collaboration très étroite entre les autorités de gestion de l'aéroport, les compagnies aériennes et l'organisme de traction sera indispensable.

Néanmoins, malgré les arguments énoncés ci-dessus, il ne nous est pas possible de conclure définitivement sur l'opportunité ou l'inopportunité de l'emploi d'un tracteur.

En effet, pour cela, il serait indispensable de :

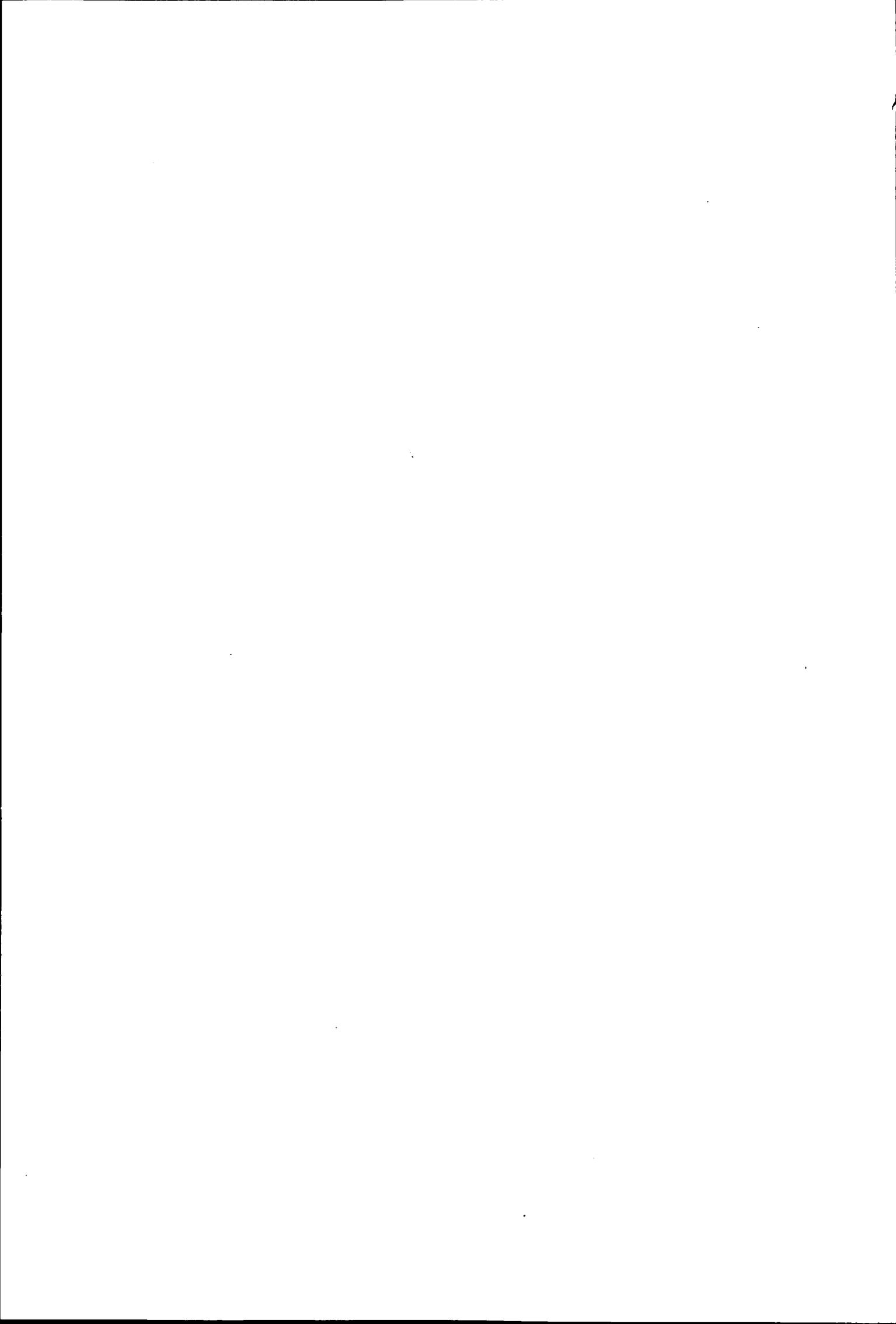
— refaire ces mêmes calculs pour la plate-forme de Roissy-en-France où les distances sont beaucoup plus importantes qu'à Orly ;

— tenir compte, non pas du trafic 1974, mais du trafic 1980 et 1985. Cette extrapolation est actuellement impossible, de nombreux éléments manquant, mais serait cependant nécessaire ;

— envisager le tractage de Concorde, cet avion étant le plus gros consommateur de carburant. Néanmoins, il est évident qu'il est absolument impossible actuellement de prévoir à long terme le nombre de Concorde tractables par jour à Roissy.

Nous n'avons pris en compte, jusqu'à présent, que le tractage des avions entre les pistes et les aires de stationnement. Or même si ce tractage n'est pas rentable, il est possible d'envisager à Roissy un tractage des avions entre les aires de stationnement et les aires d'entretien, le trajet moteur en route étant coûteux, et le tractage par tracteur normal créant une augmentation importante de l'encombrement sur les aires de roulage (vitesse maximum de ces tracteurs 10 km/h). Ce dernier point pourra éventuellement faire l'objet d'une étude ultérieure.

Mais nous n'avons pas pu tenir compte des difficultés d'exploitation qu'entraînerait obligatoirement le tractage.



## **X - La politique d'investissement**

## 1. INFRASTRUCTURES ET POLITIQUE DES TRANSPORTS

Nous nous proposons ici d'analyser les répercussions à moyen terme des politiques d'investissements en infrastructures sur le partage des trafics de marchandises et par conséquent sur les économies d'énergie. Il est néanmoins hors de notre propos de calculer les effets sur la consommation globale d'énergie d'une modification dans la répartition des investissements d'infrastructure entre les divers modes de transport, l'objectif étant plutôt d'attirer l'attention sur la cohérence nécessaire qui doit exister entre politique des transports, programmes d'investissements en infrastructures, et économies d'énergie. En outre, les économies d'énergie possibles par le biais d'amélioration de l'infrastructure pour un mode donné ne seront pas étudiées ici, ces analyses ayant été faites dans la première phase des travaux de la mission sur les économies d'énergie dans les transports.

### Politique des transports et organisation du marché

Les différents modes de transport présentent des caractéristiques spécifiques les prédisposant techniquement à certains trafics. Pour les marchandises, le transport routier présente l'avantage d'une grande souplesse pour des envois de faible tonnage à courte et moyenne distance. Le transport ferroviaire, lui, est bien adapté au transport de masse à moyenne ou longue distance particulièrement entre unités de production disposant d'embranchements particuliers (le trafic gare-gare de la S.N.C.F. ne représente que 10 % du tonnage total transporté). Le transport par voie d'eau convient bien au transport des pondéreux ou des produits dont la valeur massique est faible et pour lesquels, donc, la vitesse a peu d'importance. En dépit de ces spécificités subsistent d'assez larges zones de concurrence et dans ces zones le fonctionnement du marché n'est pas toujours satisfaisant, ce qui peut conduire à des pertes économiques pour la collectivité.

Face à ce mauvais fonctionnement du marché qui peut induire de la part des chargeurs des choix économiques collectivement néfastes, l'Etat a tenté de garder le contrôle de la capacité des véhicules de transport des différents modes pour assurer une répartition rationnelle des trafics. Ce contrôle de la capacité a été exercé grâce aux licences des transports routiers et à la tutelle sur les investissements de la S.N.C.F. Au cours des dernières années, le contrôle de la capacité du transport routier s'est avéré inefficace quand il n'a pas été délibérément assoupli, et la tutelle peut-être excessive sur les investissements en wagons de la S.N.C.F. a certainement favorisé une lucrative activité de location de wagons par un phénomène identique à celui rencontré sur la route.

Parallèlement, les Pouvoirs Publics se sont efforcés d'organiser un marché dans lequel la résultante des décisions individuelles des utilisateurs des transports, fondées essentiellement sur les prix relatifs et sur un minimum de contraintes réglementaires, conduise à une répartition économiquement satisfaisante sinon optimale des trafics entre les divers modes de transport.

Cependant la notion d'égalisation des conditions de la concurrence se révèle abstraite et conventionnelle dès lors que les différents modes utilisent des techniques très différentes et ont des organisations très diverses. Sans aborder le problème de main-d'œuvre et de conditions de travail, l'égalité de traitement entre le rail et la route passe-t-elle, par exemple, par des normes de sécurité uniformes alors que les taux de tués sont actuellement environ cent fois plus faibles sur le premier ? Pour la seule imputation des charges d'infrastructures, les travaux de la Commission Laval montrent la multiplicité des conventions possibles et l'arbitraire inévitable de la définition de l'égalité des conditions de concurrence.

## Politique des transports et politique d'investissement en infrastructures

Au vu de la faible efficacité de la politique de contrôle de la capacité de transport et de la grande difficulté de mise en œuvre d'une politique d'égalisation des conditions de concurrence, on peut s'interroger sur la politique d'investissement en infrastructures dans les transports ce qui conduit à poser deux questions différentes, à savoir :

- influence des investissements d'infrastructures sur la répartition modale des trafics ;
- la politique suivie en matière d'investissements d'infrastructures a-t-elle, au cours des dernières années, été cohérente avec les objectifs de la politique des transports ?

Pour ces deux questions, les travaux menés par la Direction de la Prévision à l'occasion de l'élaboration d'un modèle sectoriel global des transports fournissent plusieurs éléments importants de réponse. En effet, l'étude des trafics et des investissements depuis 1958 indique très nettement, qu'il existe, au moins pour la route et le rail, une forte relation entre les parts de marché de chacun des modes pour une période donnée et la répartition modale de l'effort d'investissement en infrastructures au cours des périodes précédentes.

A titre indicatif, on peut constater de façon sommaire, qu'une augmentation de 10% de la part des investissements routiers dans le total des investissements d'infrastructures induit mécaniquement, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de 5% de la part de marché du transport routier quelques années plus tard. Cette liaison entre effort d'investissement et part de marché n'est en fait que le reflet, compte tenu du processus imparfait de formation des coûts, de celle qui existe entre prix, qualité de service (rapidité, régularité, etc.) et part de marché d'un mode donné.

Compte tenu de cette relation, il apparaît alors que la politique suivie au cours des dernières années en matière d'investissement d'infrastructures à savoir stabilisation ou diminution en francs constants des investissements ferroviaires et très forte augmentation des investissements routiers ne pouvait qu'aller à l'encontre des objectifs de stabilisation des parts de marché de la route, du fer et de la voie d'eau. D'autre part l'ampleur de l'effort d'investissement d'un côté et l'absence d'efficacité pratique du contrôle de la capacité rendaient illusoire la possibilité de contenir par la voie réglementaire un développement rapide du transport routier que l'amélioration très sensible du réseau routier encourageait très fortement. A titre d'exemple, les perspectives de réalisation de Paris-Sud-Est et de Rhin-Rhône sans remise en cause des investissements routiers sont incohérentes :

- ou bien les perspectives du trafic routier sont inchangées et les programmes supplémentaires sont inefficaces donc inutiles,
- ou bien les perspectives de trafic routier sont affectées par la situation nouvelle et si les investissements demeurent inchangés cela signifie soit qu'ils étaient insuffisants auparavant, soit qu'ils seront excédentaires.

Dans la perspective des économies d'énergie qui sont un des éléments mais pas le seul d'une politique des transports, il convient donc de ne pas perdre de vue les effets puissants de la politique d'investissement sur la répartition modale et donc sur la consommation globale d'énergie.

Pour illustrer ces effets, il est possible de faire référence à un modèle formel très simple :

	Investissements (francs constants)		Trafic intérieur (t/k brutes)	
	Montant	%	Trafic	%
Fer .....	A	a	T	t
Route .....	B	b	U	u
Voie d'eau .....	C	c	V	v
Total .....	D	d = 100	W	w = 100

$$W = f \text{ (P.I.B.)}$$

p indicateur de prix relatif du fer

q indicateur de prix relatif de la route

r indicateur de prix relatif de la voie navigable

$$t = f(a, b, c, p)$$

$$u = g(a, b, c, q)$$

$$v = h(a, b, c, r)$$

$$\text{avec } (t + u + v)/100 = 1$$

$$\text{Soit une variation } \frac{\Delta b}{b} = 1\%$$

$$\Delta b = 0,01 b$$

Si l'on suppose que cette modification de la répartition des dépenses d'investissements se fait au profit des infrastructures ferroviaires :

$$\Delta a = 0,01 b \text{ soit } \frac{\Delta a}{a} = \frac{0,01 b}{a}$$

Toutes choses égales par ailleurs, cette modification de la valeur des paramètres a et b devrait conduire à un transfert de trafic que l'on peut formuler de façon simple moyennant quelques hypothèses complémentaires et restrictives pour f, g et h (mais qui sont peu gênantes au plan de l'analyse économique).

Supposons donc que :

$$(1) \quad \begin{aligned} f'_b &= f'_c = 0 \\ g'_a &= g'_c = 0 \\ h'_a &= h'_b = 0 \end{aligned}$$

Dans ce cas :

$$\frac{\Delta f}{f} = e_{f/a} \cdot \frac{\Delta a}{a} = e_{f/a} \cdot \frac{0,01 b}{a} \quad (2)$$

En utilisant, pour ce modèle simplifié, la valeur des élasticités conditionnelles retenues dans le modèle SPOT et les valeurs des variables (trafics et investissements) pour l'année 1973, le report de trafic induit est dans ce cas d'environ 1,2% du trafic de référence du fer (700 millions de t-k).

En se référant, en première approximation, aux consommations moyennes d'énergie fournies par la Commission des Comptes des Transports de la Nation (1,63 litre pour 100 t-k pour le fer par wagon isolé, 5 litres pour 100 t-k par la route au-delà de 150 km) l'économie d'énergie serait de 23 000 m<sup>3</sup> de carburant diesel ou 19 000 tonnes de pétrole.

L'utilisation d'une telle relation entre part de marché et part de la F.B.C.F. en infrastructure affectée à chaque mode appelle cependant les remarques suivantes :

— L'effet de la « part d'investissement » sur la part de marché est nettement mis en évidence sur la période 1959-1973 au cours de laquelle les fluctuations de ces variables ont été importantes ce qui valide la relation mise en évidence.

— Si les élasticités avancées pour le trafic ferroviaire dans le modèle simple présenté ci-dessous peuvent paraître élevées, il convient de souligner que ces élasticités s'appliquent à des parts d'investissement, parts qui sont différentes selon les modes et en particulier élevées pour la route et donc un report de 1% de la part des investissements routiers vers le fer se traduit par une très forte croissance du montant des investissements de la S.N.C.F.

— Les résultats des calculs auxquels on peut se livrer doivent toujours être interprétés toutes choses égales par ailleurs ce qui n'écarte nullement l'action de variables autres que l'investissement.

Les économies nécessaires d'énergie ainsi que les autres éléments de la politique des transports conduisent les Pouvoirs publics à souhaiter une certaine répartition modale des trafics et il importe alors que les investissements soient entrepris de façon cohérente. Ceci doit logiquement conduire à une nouvelle et cohérente répartition des investissements entre les secteurs.

(1) On pourrait se limiter à une seule contrainte compte tenu de la relation  $a + b + c = 100$  et de la linéarité des relations.

(2) On négligera ici les retards du type  $t_t = f(a_t, a_{t-1}, \dots, a_{t-n}, p)$ .

## 2. LES PROCÉDURES COMPARÉES DE CHOIX DES INVESTISSEMENTS FERRÉS ET ROUTIERS

Les pratiques actuelles en matière de choix des investissements de transport mettent en jeu trop d'instances diverses pour pouvoir être analysées exactement dans cette brève note. Pour simplifier, on les ramènera donc à deux principes élémentaires : la recherche de l'équilibre financier pour la S.N.C.F. et la maximisation du surplus de la collectivité pour les routes.

En effet, les responsables des administrations de l'Etat, plutôt que de fonder les choix en matière d'investissements de transports sur une conception unique de la fonction d'utilité collective, ont préféré adopter une procédure décentralisée où les choix sont faits d'après la rentabilité des projets.

Cette logique cependant n'a pas été poussée jusqu'au bout puisque le critère assigné à l'entreprise publique S.N.C.F., purement financier, diffère de celui retenu pour les investissements routiers : le surplus économique. Ceci est bien entendu contradictoire avec l'idée même de décentralisation et de neutralité a priori de l'Etat entre les projets.

Sur le plan de la théorie classique, il est aisé de montrer que le surplus de la collectivité est généralement supérieur au bénéfice financier de l'entreprise. La différence constituant l'avantage propre de l'utilisateur.

Une approche empirique consiste à demander à la S.N.C.F. pour certains projets d'investissements les deux bilans économique et financier de l'opération. Le premier calcul dépend beaucoup de la valorisation des avantages du consommateur (gain de temps, sécurité, confort) et des prévisions de répartition du trafic entre rail et route. Par exemple pour l'étude T.G.V. Paris-Sud-Est et Paris-Nord, on a retenu pour l'horizon 1980 en francs 1973 les valeurs moyennes du temps suivantes :

- 11,20 F/h pour les voyageurs 2<sup>e</sup> classe ;
- 28 F/h pour les voyageurs 1<sup>re</sup> classe ;
- 34 F/h pour les voyageurs détournés de l'avion ;
- 8 F/h pour les automobilistes, 18 F/heure véhicule.

On avait estimé approximativement en l'absence de modèle de concurrence fer-route à un tiers du trafic « induit » le trafic détourné de la route.

- Les gains de confort interviennent pour un bonus de :
- 6 centimes par voyageur-km de la route à l'autoroute classique ;
- 3 centimes par voyageurs-km reporté de l'autoroute au fer ;
- 1 centime par voyageur-km reporté du fer classique 1<sup>re</sup> classe sur la ligne nouvelle
- 2 centimes par voyageur-km reporté du fer classique 2<sup>e</sup> classe sur la ligne nouvelle ;
- Enfin, 1 centime par voyageur-km mesure la sécurité accrue du fer par rapport à la route.

Les calculs aboutissent aux taux de rentabilité suivants :

	Rentabilité économique	Rentabilité financière
TGV Sud-Est .....	33 %	17 %
TGV Paris-Nord .....	27,5 %	13 %
Accélération des trains rapides Paris - Clermont-Ferrand .....	30 %	6 %

Source : S.N.C.F.

Dans le cas des infrastructures routières et autoroutières, la part importante du financement budgétaire sur ressources fiscales a conduit à ne retenir pour les choix que le critère de rentabilité économique. Toutefois le fait que celui-ci soit en apparence plus favorable à l'investissement que celui de rentabilité financière ne doit pas faire illusion. En effet, deux distorsions importantes aux principes de choix décrits ci-dessus sont opérées par la pratique.

La première consiste dans l'élimination a priori des solutions hors péage pour les autoroutes. Ceci a pour effet de rejeter en règle générale le régime d'exploitation le plus avantageux en terme de surplus et, en réduisant considérablement le trafic induit, d'amputer sérieusement la rentabilité économique.

En voici quelques exemples actuels tirés du programme prévu au VII<sup>e</sup> Plan :

**Rentabilité interne économique (avantages directs)  
aux dates optimales de mise en service**

	Autoroute sans péage	Autoroute à péage	Route neuve 2 × 2 voies
Poitiers-Bordeaux ....	26 %	17,7 %	21,9 %
Tours-Angers .....	13,7 %	8,4 %	12 %
Bourges-Clermont ....	33,8 %	23,25 %	29,4 %
Bayonne-Soumoulon ..	14,9 %	11,3 %	13,1 %

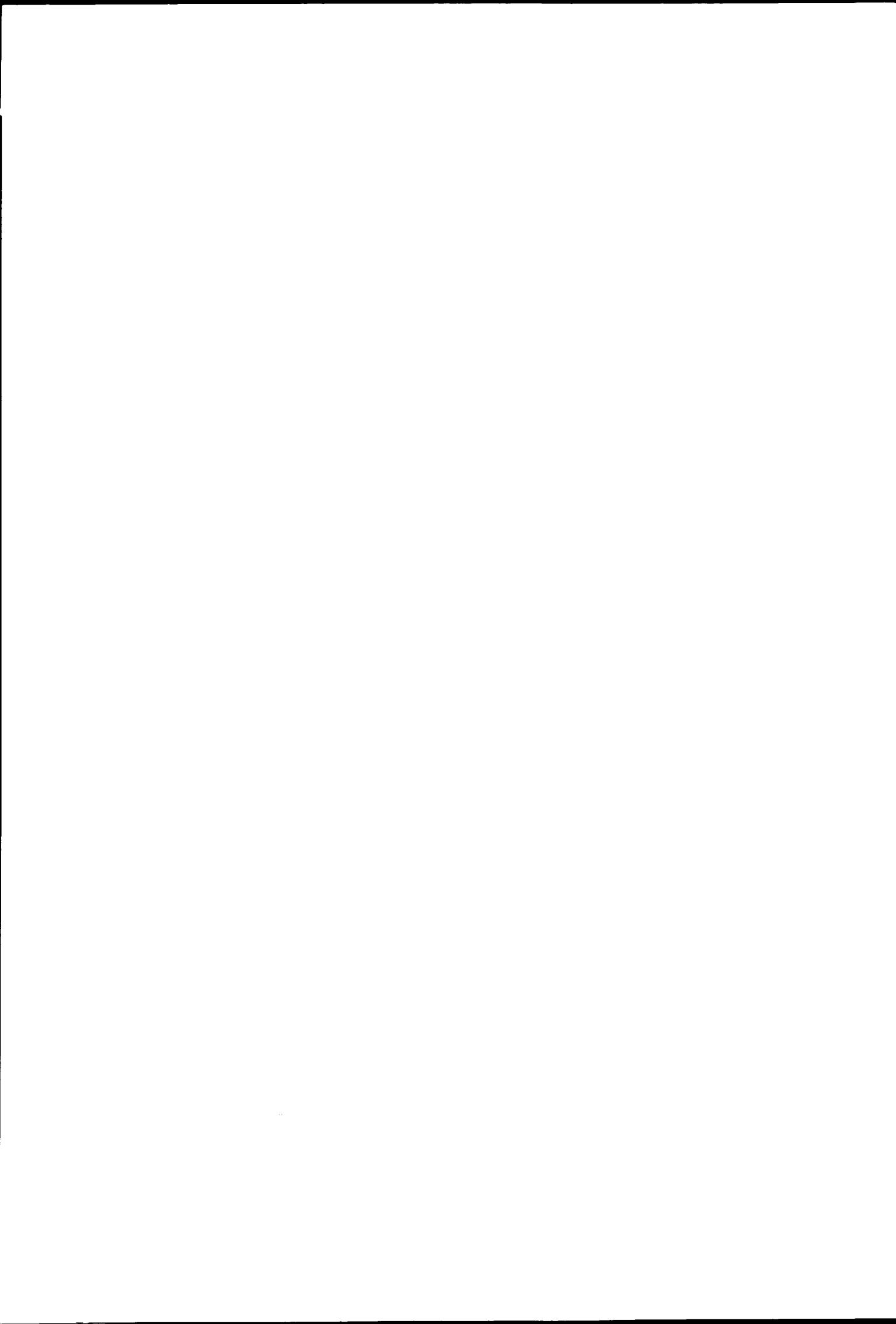
*Source : S.E.T.R.A.*

La contrainte institutionnelle du péage réduit donc nettement pour les autoroutes le privilège que l'investissement routier tirerait de l'utilisation du critère du surplus par rapport au fer.

En second, il apparaît probable que l'exécution de tous les projets rentables au seuil du taux d'actualisation de l'économie se heurterait à une insuffisance des crédits autorisés par les directions du Budget et du Trésor. Pour rétablir l'équilibre emploi-ressource des capitaux, il est nécessaire de réduire tutélairement la valeur des avantages conférés par les investissements routiers d'une part, de multiplier le coût des ressources budgétaires par un coefficient de restriction des crédits tenant compte de la pénibilité supposée de l'impôt d'autre part.

Naturellement ces éléments méritent d'être affinés principalement en tenant un meilleur compte des effets des investissements de chaque mode de transport sur l'ensemble des deux réseaux. Ceci serait de nature à modifier (dans quelle proportion ?) les bilans des projets établis indépendamment les uns des autres.

L'étude prioritaire R.C.B. autoroute s'est vu fixer par le comité directeur, comme objectif, de proposer des méthodes d'harmonisation des choix entre les différentes techniques de transport. Ses travaux devront donc permettre d'apporter aux questions posées dans cette note des réponses plus précises.



## RAPPORTS OFFICIELS

---

- CHOISIR SES LOISIRS (Rapport Blanc) - 1977 - 30 F.
- REPONSES A LA VIOLENCE (Rapport Peyrefitte) - 1977 - 58 F.
- IMMIGRATION ET DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL (Rapport Le Pors) - 1977 - 45 F.
- PROPOSITION POUR UNE REFORME DE L'ASSURANCE CONSTRUCTION - 1976 - 20 F.
- LES REMUNERATIONS DES TRAVAILLEURS MANUELS (Rapport Giraudet) - 1976 - 18 F.
- LES DIFFICULTES DES METIERS D'ART (Rapport Dehaye) - 1976 - 20 F. Annexes - 40 F.
- L'AMELIORATION DE L'HABITAT ANCIEN (Rapport Nora et Eveno) - 1976 - 27 F. Annexes - 40 F.
- REFORME DU FINANCEMENT DU LOGEMENT (Rapport Barre) - 1976 - 25 F.
- LA RECHERCHE FRANÇAISE EN ARCHEOLOGIE ET ANTHROPOLOGIE (Rapport Soustelle) - 1975 - 22 F.
- LA LOI RELATIVE A L'EMPLOI DE LA LANGUE FRANÇAISE (Haut Comité de la langue française) - 1975 - 25 F.
- L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE EN MONTAGNE - POUR QUE LA MONTAGNE VIVE (Rapport Brocard) - septembre 1975 - 30 F.
- L'IMPOSITION DES PLUS-VALUES (Rapport Monguilan) - 1975 - tome 1 : 34 F, tome 2 : 40 F, les deux tomes : 70 F.
- LA POLITIQUE FRANÇAISE DE COOPERATION (Rapport Abelin) - 1975 - 15 F.
- INFORMATIQUE ET LIBERTES (Rapport Tricot) - 1975 - 60 F.
- POUR UNE MODERNISATION DU SYSTEME EDUCATIF, par René Haby - 1975 - numéro spécial des Cahiers Français - 6 F.
- RAPPORT DU COMITE D'ETUDE POUR LA REFORME DE L'ENTREPRISE (Rapport Sudreau) - 1975 - 12 F.
- POUR UN DEVELOPPEMENT DES VEHICULES ELECTRIQUES (Rapport Saulgeot) - 1974 - 25 F.
- LA LUTTE CONTRE LE GASPILLAGE (Rapport Gruson) - 1974 - 20 F.
- L'HORAIRE LIBRE EN 1974 (Rapport Chalendar) - 1974 - 18 F.
- VERS UN NOUVEL AMENAGEMENT DE L'ANNEE (Rapport Chalendar) - 1970 - 8 F.
- LA SITUATION DES PERSONNELS ENSEIGNANTS DES UNIVERSITES (Rapport de Baecque) - 1974 - 12 F.
- DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE A L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR (Rapport Barre et Boursin) - 1974 - 6 F.
- SIMPLIFICATIONS ADMINISTRATIVES ET PRODUCTIVITE (Rapport Ripoché), rapport annuel 1971 : 10 F, 1972 : 10 F, 1973 : 10 F.
- POUR UNE POLITIQUE DE LA SANTE (Rapports présentés au ministre de la Santé) : Tome I : Les grandes actions de santé - 1971 - 27 F ; Tome II : Les grandes actions de santé - 1971 - 33 F ; Tome III : L'hôpital - 1971 - 40 F ; Tome IV : Le suicide - 1974 - 35 F ; Tomes V et V bis : La pharmacie - 1975 - 60 F.

---

**LA DOCUMENTATION FRANÇAISE**

29-31, quai Voltaire, 75340 Paris Cedex 07

Telex : 204826 DOCFRAN PARIS

**Prix : 60 F**

Imprimé en France

AM 1 675

ISBN : 2-11-000030-9