

Economies d'énergie

la place du rail



Union internationale
des chemins de fer

Secrétariat Général

14, rue Jean Rey - 75015 PARIS

Tel. : (1) 273 01 20





Sommaire

Avant-propos	3
L'énergie et les transports	5
Le poids du transport dans la consommation globale d'énergie	5
La place du chemin de fer dans le secteur du transport	5
Comparaison des consommations unitaires d'énergie des différents modes de transport	7
Transports de voyageurs	7
Transports de marchandises	8
La méthode d'analyse retenue	8
Les raisons fondamentales de l'avantage énergétique du rail	10
Comparaison des consommations statistiques	14
Comparaison par échantillonnage de relations	16
Evolution à attendre	17
Progrès énergétiques propres à chaque mode	17
La recherche d'une moindre dépendance vis-à-vis du pétrole	18
Les possibilités des substitutions intermodales	19
Conclusions	23
Annexes	25

Liste des annexes

Annexe 1

Communauté Economique Européenne (10 pays)
Consommation d'énergie en 1975 et 1979 (*en millions de tonnes équivalent-pétrole : MTEP*)

Annexe 2

Communauté Economique Européenne (10 pays)
Consommation d'énergie des transports terrestres en 1975 et 1979
Décomposition par nature d'énergie (*en millions de tonnes équivalent-pétrole : MTEP*)

Annexe 3 a

Communauté Economique Européenne (10 pays)
Transports de voyageurs en 1979
Répartition modale (*en milliards de voyageurs-kilomètres*)

Annexe 3 b

Communauté Economique Européenne (10 pays)
Transports de marchandises en 1979
Répartition modale (*en milliards de tonnes-kilomètres*)

Annexe 4

Comparaison des rendements énergétiques des chaînes de traction

Annexe 5

Le transport ferroviaire de marchandises en France en 1979
Consommation d'énergie

Annexe 6

Le transport routier de marchandises en France en 1979
Consommation d'énergie
(*toutes professions : compte propre et compte d'autrui*)

Annexe 7

Comparaison des consommations unitaires d'énergie de la Route et du Rail
en Grande-Bretagne, en République Fédérale d'Allemagne et en France

Annexe 8

La traction électrique en Europe (8 réseaux)
Importance en 1979

Avant-propos

Ce document n'est ni un plaidoyer, ni un pamphlet. Il ne vise, en effet, ni à justifier le chemin de fer par la seule considération des économies d'énergie, ni à poursuivre avec les autres modes de transport une polémique stérile. Dans la profession du transport, le chemin de fer se veut un partenaire loyal, conscient qu'il est de ses forces et de ses faiblesses, soucieux du libre choix de l'usager, attentif à la complémentarité des modes. Il refuse simplement la fatalité de l'érosion du trafic et, aux dirigeants et hommes éclairés de tous les pays, veut rappeler calmement, simplement, une évidence concernant l'un de ses atouts : il est économe en énergie.

Ce livre blanc, après tout, peut surprendre tant on a écrit sur le sujet et partout. Cette contribution supplémentaire se veut cependant originale à deux titres : alors que les données sur l'énergie et les comparaisons entre modes de transport sont le plus souvent nationales, cette étude est fondée sur le rassemblement des informations de plusieurs pays et l'on devrait être frappé par la similitude des résultats. Par ailleurs, nous ne nous bornons pas à affirmer la suprématie du rail dans le domaine des économies d'énergie ; nous en énonçons les raisons - qui tiennent à la physique - et nous les recoupons par le bouclage des consommations nationales.

En ce temps où économiser le pétrole est devenu pour toutes les nations un impératif, le secteur des transports qui en est si dépendant ne peut échapper à un examen de conscience et spécialement dans le domaine des transports de marchandises où les choix sont plus ouverts que dans celui des transports de voyageurs.

En guise de conclusion, le rapport attire l'attention de l'opinion sur les dommages graves qu'il y aurait, pour l'avenir, à feindre de méconnaître la dimension «énergie» dans les politiques de transport : investissements, tarifs, coordination.

Le pétrole passe aujourd'hui un nœud coulant autour de la fonction transports. Qui refusera de le desserrer ?

L'Union Internationale des Chemins de fer propose au lecteur quelques éléments de réflexion sur ces sujets.

L'énergie et les transports _____

Le poids du transport dans la consommation globale d'énergie _____

Les pays industriels, dont il sera ici exclusivement question, disposent d'un matériel statistique abondant qui permet de connaître les consommations d'énergie par grands secteurs économiques : industrie, résidentiel et tertiaire, transport. L'annexe 1 rappelle à cet égard des données récentes relatives aux dix pays de la Communauté Economique Européenne.

Le secteur «transports» représente dans la Communauté près de 20 % de l'énergie globale consommée pour toutes causes (exactement 18 % en 1975 ; 18,9 % en 1979) et cette part tend à augmenter. Quant à la consommation absolue de pétrole de la Communauté, les transports en absorbent 40 % (exactement 37 % en 1975 et 40,1 % en 1979) et là aussi, cette quote-part va en croissant.

L'annexe 2, de son côté, caractérise le taux de dépendance de chaque mode de transport vis-à-vis du pétrole : 100 % pour la route, l'air et la voie navigable et seulement 30 % pour le chemin de fer. Tous modes confondus, la dépendance pétrolière du secteur des transports est considérable : 96 % et ne peut être abaissée, au moins pour les 20 ans à venir que par un recours accru au mode le moins dépendant : le chemin de fer.

La place du chemin de fer dans le secteur du transport _____

Bien que les situations des dix pays de la Communauté Economique Européenne soient sensiblement différentes, il n'en est pas moins extrêmement instructif de raisonner globalement au niveau de l'Europe des Dix considérée dans son ensemble.

En distinguant schématiquement les deux grands secteurs du transport terrestre (1), les voyageurs et les marchandises, il est intéressant de rapprocher les parts de marché assurées par chaque mode de transport des parts respectives d'énergie qu'ils consomment. (cf. Annexes 3a et 3b).

Le tableau ci-dessous résume la situation de 1979 :

10 pays de la CEE		Part du marché (en %)	% de consommation en énergie finale
voyageurs (marché exprimé en voyageurs- kilomètres)	route	92 %	94,6 %
	fer	8 %	5,4 %
	ensemble	100 %	100 %
marchandises (marché exprimé en tonnes-kilomètres taxées)	route	56 %	76,6 %
	voies navigables	12 %	9,6 %
	pipelines	10 %	5 %
	fer	22 %	8,8 %
	ensemble	100 %	100 %

De tels résultats montrent à l'évidence que le rail est le mode le plus économe en énergie. Pourquoi en est-il ainsi ? C'est l'objet du chapitre suivant.

(1) Le trafic aérien, faute de pouvoir isoler le marché intraeuropéen dans le marché mondial, a dû être exclu.

Comparaison des consommations unitaires d'énergie des différents modes de transport —

Nous allons examiner successivement le cas du transport de voyageurs et celui du transport des marchandises, étant entendu que l'analyse ne portera que sur l'énergie de traction des différents modes (1).

Transports de voyageurs —

Dans les pays industriels, le problème du transport des voyageurs reflète l'organisation même de la société et, à ce titre, revêt une dimension sociale, psychologique et politique qui dépasse le cadre d'une simple réflexion sur les économies d'énergie.

Rappelons néanmoins les faits :

- en milieu urbain, la voiture particulière à 1,4 occupant en moyenne par véhicule et toutes gammes confondues, coûte 60 gep (2) par passager-kilomètre transporté (soit 11 l aux 100 km, pour s'exprimer comme les automobilistes). En comparaison, le train de banlieue est à 20 gep avec un coefficient d'occupation moyen de 18 % (3) ;
- pour le trafic interurbain, la comparaison est la suivante, avec les mêmes sources :
 - avion : 60 gep (taux d'occupation 66 %)
 - automobile : 28 gep (1,9 passager par véhicule)
 - train classique : 12 gep (taux d'occupation 46 %)

(1) Certains auteurs (Ilija KORDI, Transport Research. Delegation, Stockholm, 1979) ont tenté de quantifier aussi l'énergie investie dans les équipements : infrastructures, véhicules. Pour louables qu'elles soient, ces recherches dépendent trop des conventions adoptées pour qu'on puisse en dégager des enseignements de portée générale.

(2) gep = gramme équivalent pétrole.

(3) FRYBOURG, A. Consommations unitaires d'énergie dans les transports - Paris 1979.
Prof. SCHWANHAUSSER - Spezifischer Energieeinsatz im Verkehr - Technische Hochschule Aachen, 1981.

Ne nous attardons pas sur ces chiffres qui ont, au demeurant, été affinés par de nombreux auteurs. Mentionnons simplement que :

- a) toutes les grandes agglomérations développent peu ou prou les systèmes collectifs de transport ;
- b) le chemin de fer est, aujourd'hui, en mesure d'offrir sur les relations à moyenne distance (disons jusqu'à 600 km) des prestations de qualité (temps de parcours, confort, facilités d'accès) susceptibles par elles-mêmes de détourner les voyageurs de l'avion ou de les inciter à laisser leur voiture au parking. Les économies d'énergie s'en déduiront de surcroît. Les chemins de fer français, par le TGV, sont en train de relever ce défi, en consommant, à 260 km/h, 16 gep par voyageur-kilomètre avec un taux d'occupation constaté de 65 % ;
- c) le chemin de fer est conscient que le temps où l'automobile était son adversaire est révolu. Tout client du train est un automobiliste potentiel et vice versa. Le progrès social s'accompagne d'une croissance de la mobilité et d'une liberté de choix qui amènera l'utilisateur à tirer le meilleur parti de chaque mode. Sous cet angle, l'amélioration des services de banlieue et le développement des services intervilles performants est, pour les chemins de fer, un devoir de société et apporte, dans tous les cas, de fortes économies d'énergie.

Transports de marchandises _____

La méthode d'analyse retenue _____

Les paramètres qui influencent la consommation d'énergie d'un transport donné sont multiples, mais d'importance inégale. On retiendra, entre autres :

- la technique de transport, le type de véhicule ;
- la nature de la marchandise (densité, taille du lot, conditionnement,) ;
- l'itinéraire (nature des infrastructures, distances, profil, sinuosité,) ;

- les conditions d'exploitation (taux de chargement, taux de parcours en charge,) ;
- les conditions de conduite et d'entretien des véhicules ;
- les conditions de circulation (vitesse, fluidité, conditions atmosphériques,) ;
- le type d'énergie consommée.

Cette multiplicité des paramètres en jeu, leurs plages de variations et leurs degrés d'incertitude, rend difficile le problème des comparaisons des consommations unitaires d'énergie, et nécessite que des précautions soient prises lorsqu'on veut l'aborder. Mais difficile ne signifie pas impossible. Dès lors que l'on aura pris soin d'opérer les simplifications et approximations convenables, on pourra tirer de ces comparaisons des conclusions tout à fait solides.

Le processus analytique envisagé comporte trois phases :

- dans un premier temps, une analyse du problème en termes généraux, fondée sur les enseignements de la physique, est indispensable ; elle fournit les ordres de grandeur des résultats auxquels on peut logiquement s'attendre ; elle est une garantie de rigueur intellectuelle ;
- à l'autre extrémité dans le niveau de l'analyse, l'étude macroscopique est absolument nécessaire (la seule précaution étant de définir de manière homogène l'étendue des champs statistiques relatifs aux divers modes comparés) car elle intègre l'ensemble des paramètres évoqués précédemment ;
- enfin l'étude de cas concrets permet de préciser la dispersion des valeurs autour des moyennes générales issues des approches précédentes ; les comparaisons ponctuelles présentent aussi l'intérêt de comporter un nombre restreint de degrés de liberté.

Les trois phases qui viennent d'être succinctement décrites sont complémentaires ; au demeurant, elles constituent le schéma typique des démarches scientifiques : élaboration d'une théorie et application de celle-ci à des exemples concrets élémentaires ou globaux. Ces trois temps de l'analyse font l'objet des trois paragraphes suivants :

Les raisons fondamentales de l'avantage énergétique du rail _____

L'énergie consommée par un véhicule qui se déplace est égale au travail des forces motrices qui permettent de vaincre les forces résistant au mouvement, qu'on peut classer en deux grandes familles :

- interaction du véhicule avec son environnement ; il s'agit de la résistance au roulement et de la résistance aérodynamique ;
- actions de la pesanteur et de la force d'inertie sur la masse du véhicule ; ces forces interviennent lorsque le véhicule gravit une pente ou prend de la vitesse ; toutefois, l'énergie ainsi dépensée peut, en principe, être, au moins partiellement, récupérée.

Les comparaisons entre le fer et la route, qui vont suivre, reposent sur un choix de convois caractéristiques des deux modes à priori substituables :

- l'ensemble articulé de 38 t de poids total en charge, pour la route ;
- un train de 1000 tonnes brutes remorqué par une locomotive électrique de 80 t environ.

La résistance au roulement dépend de la charge par essieu et de la vitesse de circulation.

La technique ferroviaire a justement adopté le roulement acier sur acier pour obtenir la résistance au roulement la plus faible possible, de 1 à 3 daN (1) par tonne brute selon la charge par essieu et la vitesse de circulation.

Dans la technique routière en revanche, le roulement des pneumatiques sur une chaussée se caractérise par un travail de déformation. La résistance au roulement s'en trouve accrue et, pour reprendre les chiffres du Centre de Productivité des Transports (France), varie de 6 à 8 daN par tonne brute.

(1) daN = décanewton. 1 daN vaut approximativement 1 kg force.

La résistance aérodynamique est due à l'écoulement turbulent de l'air sur l'ensemble des parois du ou des véhicules.

L'avantage du chemin de fer réside ici dans la possibilité de constituer des convois ; ainsi, les composantes frontale et arrière de cette force, qui sont indépendantes de la longueur du convoi, sont réparties sur un nombre de véhicules élevé, alors que chaque camion doit vaincre isolément sa pénétration dans l'air. Le convoi ferroviaire en revanche oppose une résistance aérodynamique collective qui, ramenée à la tonne brute, est notablement inférieure.

Apparemment placés, du point de vue de la pesanteur et de la force d'inertie, dans des conditions identiques, la route et le rail reconnaissent cependant, en réalité, des situations assez différenciées.

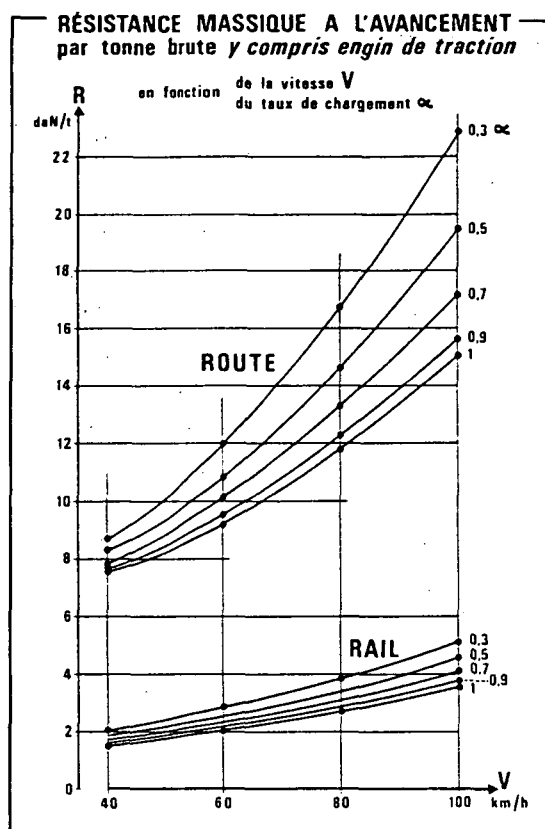
- Concernant la pesanteur, il se trouve qu'historiquement les lignes ferroviaires sont, sauf exception, des lignes à profil facile (1) ; par ailleurs, sur les lignes à forte pente, le développement de la traction électrique moderne permet de réaliser, le cas échéant, le freinage par récupération d'énergie.
- Le conducteur d'un train peut (et doit) utiliser l'énergie mécanique accumulée par le train sous forme d'énergie cinétique et potentielle. Cela permet de réaliser des marches «sur l'erre» importantes qui atteignent couramment 10 à 20 % du kilométrage parcouru ; cet avantage de conduite résulte de l'existence, pour le fer, de résistances à l'avancement très faibles.
- En raison du caractère programmé des circulations, les conditions d'écoulement du trafic sont, en général, très bonnes. Ce point est très important : à un arrêt supplémentaire pour 100 km parcourus correspond, en effet, un accroissement de la consommation de l'ordre de 10 %.

(1) Elles ont été tracées en fonction des possibilités de traction des locomotives à vapeur et des limites imposées par le coefficient d'adhérence roue/rail plus faible que le coefficient roue/route. En contrepartie, les tracés ferroviaires conduisent à des allongements de parcours qui seront évoqués par la suite.

Synthèse et comparaison globale

Pour les convois considérés précédemment (ensemble articulé de 38 tonnes brutes, trains de 1000 tonnes brutes), on peut rassembler dans ce graphique l'ensemble des résultats.

Il est clair qu'à toutes les vitesses et pour des taux de chargement comparables, le rapport des résistances massiques à l'avancement est de l'ordre de 1 à 4 en faveur du rail.



Partant de cette constatation, que peut-on en déduire au plan théorique qui nous intéresse, à savoir les consommations comparées d'énergie primaire à la tonne nette transportée ? Deux facteurs entrent en ligne de compte : le rendement des chaînes de traction d'une part, la tare des véhicules d'autre part. Sur le premier point, l'annexe 4 montre que les chaînes diesel (camion) et électrique (locomotive) offrent des rendements équivalents. Quant au second point, il est facile de voir que

les rapports $\frac{\text{tonnes nettes}}{\text{tonnes brutes}}$ sont tout à fait comparables pour la route et pour le rail :

de l'ordre de 0,6 dans les deux cas. Ainsi, les conclusions tirées sur les rapports des résistances massiques du rail et de la route restent valables au niveau des énergies primaires théoriquement consommées. Rappelons que ce rapport est de 1 à 4.

Passons maintenant de la théorie à la pratique. Il convient de faire intervenir trois types de considérations :

- la relativité des distances à parcourir pour une relation donnée ;
- la relativité des vitesses réelles de circulation ;
- les coefficients relatifs d'utilisation.

a) Les distances _____

Pour la même relation, la distance à parcourir est généralement plus grande par fer que par route, ce qui résulte à la fois de la faiblesse des déclivités et de la densité plus réduite du réseau ferroviaire ainsi que de la concentration du trafic sur les itinéraires les mieux équipés, ceux qui sont à coûts de circulations les plus bas. (Cependant, on notera que le développement des réseaux autoroutiers induit pour la route des phénomènes de concentration analogue). On doit donc nuancer les comparaisons en fonction des itinéraires réellement parcourus, en remarquant cependant que le fait, pour la route, d'utiliser des liaisons plus courtes trouve, dans certains cas, une contrepartie en termes de difficultés de profil. Le parcours ferroviaire plus long accroît la consommation d'énergie, mais les déclivités plus faibles la diminuent. Le freinage par récupération la diminue également.

b) Les vitesses _____

Les vitesses limites admises sont différentes pour le fer et la route ; elles peuvent être, pour des motifs tenant à la sécurité, plus élevées pour le fer que pour la route. Toutefois, on observe un large recouvrement des vitesses moyennes, ce qui confirme la légitimité de l'approximation qui conduit à raisonner à vitesse égale. Pour la même vitesse moyenne, la vitesse de marche d'un véhicule routier varie beaucoup plus fréquemment que dans le cas d'un train, ce qui augmente la consommation du transport routier.

c) Les coefficients d'utilisation _____

Le coefficient d'utilisation est le produit du coefficient de chargement (charge utile/limite de charge) par le coefficient de parcours en charge (parcours en charge/parcours total). Il est incontestable que du fait du fractionnement des charges et de la nature des marchandises à transporter, ce coefficient est meilleur pour la route que pour le fer.

En conclusion, il faut s'attendre à voir s'atténuer, au niveau des énergies primaires, l'avantage de 1 à 4 en faveur du rail que des considérations de pure physique ont permis d'établir. Dans quelle proportion ? C'est ce que va maintenant nous permettre d'apprécier le bouclage macroscopique des consommations nationales.

Comparaison des consommations statistiques

Comme il ne paraît guère possible de réaliser de façon simple et sûre l'agrégation des statistiques nationales au niveau de l'Europe des Dix, on a limité l'analyse à deux cas représentatifs : la France et la République Fédérale d'Allemagne.

Cas de la France

Pour chacun des deux modes, route et rail, on indiquera les résultats des trafics, les coefficients d'utilisation et les consommations d'énergie de l'année 1979 ; on procédera ensuite aux rapprochements et comparaisons appropriés.

Au plan statistique, le rail possède un avantage certain dans le domaine de l'énergie : la consommation totale de la SNCF est parfaitement connue. Comme par ailleurs, de nombreux sondages permettent de connaître, par type de trafic, les charges qui lui sont propres, les consommations unitaires sont déterminées avec une excellente précision (annexe 5)

Le cas de la route est différent. On connaît avec une approximation suffisante la quantité globale de gazole consommé par tous les camions. En revanche, la seule indication que l'on possède quant à la consommation unitaire par tranche de charge utile, provient des consommations «standard» fournies par les constructeurs pour les différents types de camions. Il se trouve qu'en voulant ainsi reconstituer à partir de ces indications et des statistiques de trafic par tranche, la consommation globale, on n'obtient que 70 % des ventes enregistrées. Faute de mieux, l'annexe 6 considère que les consommations standard sont uniformément majorées dans la proportion

$$\frac{1}{0,7} = 1,4$$

Dans cette hypothèse, la comparaison rail/route s'établit ainsi :

Rapport des consommations unitaires moyennes route/rail		Au numérateur : transport routier	
		tous véhicules de charge utile > 6,6 t	tous véhicules de charge utile > 17 t
		49,3 gep/TK	38,4 gep/TK
Au dénominateur : transport ferroviaire			
wagons isolés du régime ordinaire	10,9 gep/TK	4,5	3,5
wagons isolés du régime accéléré	21,2 gep/TK	2,3	1,8

Ainsi, en dépit de la pénalisation que subit le fer du fait d'un coefficient d'utilisation moindre, l'étude du cas français conduit à la conclusion suivante :

<p>Le transport routier coûte en moyenne :</p> <p>au moins trois fois plus d'énergie que le transport en wagons isolés du régime ordinaire ;</p> <p>environ deux fois plus d'énergie que le transport en wagons isolés du régime accéléré.</p>
--

Cas de la République Fédérale d'Allemagne

Une étude récente de M. le Professeur SCHWANHÄUSSER de l'Université technique d'Aix-la-Chapelle, a permis d'établir les consommations unitaires d'énergie primaire, calibrées sur les consommations statistiques réelles, des transports de marchandises par route et par chemin de fer. Elles figurent en Annexe 7 avec des résultats de même nature pour la France et la Grande-Bretagne. L'examen des résultats permet de conclure que dans tous les cas, toutes conditions étant égales par ailleurs, le transport routier de marchandises consomme au moins trois fois plus d'énergie que le transport par chemin de fer.

Comparaison par échantillonnage des relations

Cette démarche est incontestablement la plus parlante. Elle consiste à choisir des relations aussi représentatives que possible des flux de trafic de l'entité géographique à laquelle on se réfère. Par flux, on entend un éventailage de marchandises sur des couples origine - destination, caractéristiques.

La construction d'un tel échantillon, ayant les qualités requises, nécessiterait une description précise et détaillée des flux de transport qui est à peine ébauchée en Europe.

Les calculs de consommation d'énergie doivent prendre en compte tous les postes de consommation. De tels calculs comparatifs éclaireraient puissamment notre sujet. En effet :

- pour un flux déterminé, on rend compte des effets de la plupart des paramètres importants que l'on a choisis : nature de la marchandise, taille du lot, distance d'acheminement, etc,
- les cas retenus, pourvu que leur nombre soit significatif, permettent de saisir non seulement les valeurs moyennes des consommations mais aussi leur dispersion.

Il eût été intéressant d'indiquer ici les premières conclusions de l'approche qui a été faite. Nous préférons, cependant, en différer la publication, soucieux que nous sommes de les valider par une concertation - qui ne saurait tarder - avec la profession routière.

Evolution à attendre _____

Ayant décrit les positions actuelles des différents modes de transport vis-à-vis des consommations d'énergie et de leur dépendance pétrolière, il convient de s'interroger maintenant sur les évolutions prévisibles au cours des prochaines décennies.

Progrès énergétiques propres à chaque mode _____

Le progrès technologique, les améliorations des méthodes d'exploitation ne sont pas l'apanage d'un mode de transport particulier. Tous les modes en sont naturellement porteurs, a fortiori, dans un contexte de concurrence.

A l'horizon de l'an 2000, l'automobile annonce 40 % de gains énergétiques, l'aviation 35 %, le camion 30 %, le chemin de fer 15 %. Ce dernier chiffre peut paraître modeste. Mais il faut garder présent à l'esprit qu'une importante mutation technologique vient d'être accomplie : l'abandon de la traction à vapeur. Ce progrès en soi a amélioré le rendement de la chaîne de traction par le facteur 6. Au surplus, la longévité des investissements ferroviaires allonge les temps de réponse au progrès.

Comment les chemins de fer vont-ils, désormais, puiser l'amélioration de leurs performances énergétiques ? Essentiellement de deux façons :

- par la mise en service de matériels roulants et d'installations fixes toujours plus sobres en énergie (aérodynamique, légèreté, statique des organes de transformation et de commande, etc.) ;

- par le meilleur emploi des moyens (gestion électronique des parcs, des acheminements, des itinéraires, etc.).

Ainsi, toutes les techniques de transport recèlent, sur une période relativement courte, des progrès internes importants dont les écarts relatifs cependant, ne sont absolument pas de nature à bousculer les ordres de grandeur des rapports de consommation actuels.

La recherche d'une moindre dépendance vis-à-vis du pétrole _____

Il faut tenir pour acquis que dans les 20 ans à venir, l'aviation et même la route resteront totalement dépendants de l'approvisionnement pétrolier ; en effet, les recherches de carburants de substitution ne sont susceptibles d'avoir une portée significative qu'à très long terme.

Il en va différemment du chemin de fer pourvu qu'il soit électrifié. En ce cas, la proportion dans laquelle le transport par fer consomme des produits pétroliers primaires est celle-là même que le pays se donne pour la production de cette forme d'énergie secondaire qu'est l'électricité. On sait qu'en Europe le taux d'électrification des chemins de fer est déjà très élevé (voir annexe 8), dépassant souvent 80 % et qu'il ne cessera de croître puisque la plupart des Réseaux poursuivent activement, voire achèvent leur électrification.

Quant à la production d'électricité, elle ne dépend déjà du pétrole, en République Fédérale d'Allemagne, qu'à hauteur de 5 % ; il en sera ainsi en France avant 1990. D'une manière plus générale, le tableau ci-dessous résume les évolutions prévisibles dans l'ensemble de la Communauté Economique Européenne.

Production en TWh (térawattheures) : répartition des sources d'énergie primaire pour la production d'électricité de la Communauté Européenne des Dix.

	1979		Prévisions 1990	
	TWh	%	TWh	%
Pétrole	306	24	268	14
Houille	566	45	735	38
Gaz	162	13	130	7
Nucléaire	168	13	722	38
Hydroélectricité	63	5	63	3
Total	1266	100	1918	100

Source : CEE

A ces considérations générales, il convient d'ajouter la remarque suivante qui a une certaine portée : la consommation quotidienne d'électricité étant, au fil des heures, très inégale, la courbe de charge des centrales électriques accuse des pointes et des creux importants. Le chemin de fer, peu fluctuant par nature puisque son service est continu, joue le rôle appréciable d'un régulateur de charge. Cet avantage ira croissant avec le recours accru aux centrales nucléaires plus difficiles à moduler que les centrales classiques.

Les possibilités de substitutions intermodales

La supériorité énergétique du rail sur la route étant ainsi établie, il convient de s'interroger sur la possibilité pour la collectivité d'en tirer pleinement parti, c'est-à-dire sur la possibilité de réaliser, sans bouleversements économiques ni remise en cause de la profession routière, une inflexion dans l'évolution du partage modal.

La plage de trafics susceptible de permettre cette inflexion existe et se développe d'ailleurs fortement : il s'agit des trafics de zone longue.

S'il est exact que dans l'ensemble des produits à transporter, il en existe qui soient très largement captifs de l'un ou de l'autre mode, tels que les minerais pour le rail ou les déménagements pour la route, il n'en est pas moins vrai que nombreux sont ceux qui peuvent être acheminés de l'une ou de l'autre façon.

La souplesse intrinsèque de la route (n'est-elle pas parfois amplifiée au prix d'entorses aux réglementations) constitue certainement un atout indéniable aux yeux des usagers.

Sans nier qu'il y ait des faiblesses dans le transport ferroviaire notamment international, les chemins de fer européens ont d'ores et déjà, démontré leur capacité à offrir des services de qualité en pratique équivalents, sur le plan de la régularité et de la rapidité des acheminements, à celle de la route (par exemple : INTER-CONTAINER et INTERFRIGO).

D'aucuns prétendent que l'expansion du trafic routier serait due à l'apparition de besoins de transports relatifs aux produits nouveaux, requérant une qualité plus grande, que la technique ferroviaire serait dans l'incapacité de satisfaire. Cette façon de voir est, à nos yeux, excessive car la technique ferroviaire aussi bien qu'une autre est capable de s'adapter aux besoins nouveaux de transport.

Ces quelques considérations, jointes à celles sur les économies d'énergie, militent en faveur d'une inversion de tendance dans les substitutions intermodales constatées dans le passé. Il faut d'ailleurs remarquer que l'importance de ces substitutions dépend très largement de l'horizon auquel on situe la réflexion :

- à court terme les possibilités sont relativement faibles : les changements de mode de transport impliquent souvent des changements d'organisation, des modifications d'installations et dans certains cas des investissements relativement lourds chez les expéditeurs ou les destinataires de marchandises ; le concept de «captivité» joue ici un rôle important ;

- à long terme, bien au contraire, l'éventail des répartitions possibles paraît relativement large et pourrait vraisemblablement atteindre plusieurs dizaines de pour cent du total des transports par charges complètes. En effet, les changements ou les investissements évoqués ci-dessus peuvent beaucoup plus facilement s'inscrire à l'intérieur d'une période d'une vingtaine d'années. Par ailleurs, c'est également à une telle échelle de temps que pourraient, sans heurt, se mettre en œuvre les éléments d'une politique d'harmonisation des conditions de concurrence susceptible de modifier de façon significative la compétitivité relative des deux modes de transport.

Conclusions

Le présent livre blanc n'avait d'autre but que de rappeler deux évidences, pourtant parfois contestées :

- le rail est économe en énergie : à prestations équivalentes, il consomme 2 à 4 fois moins d'énergie que la route ;
- le rail, par l'électrification, se dégage de l'emprise du pétrole.

Chaque homme de réflexion, chaque décideur est, plus ou moins, comptable devant les générations futures des décisions qui auront été prises de son temps. Laisser le marché des transports s'organiser en dehors de toute référence énergétique serait, aux yeux des chemins de fer, une erreur du temps présent, d'autant moins explicable que les Réseaux de chemins de fer disposent, en général, de capacités inemployées.

Nul ne conteste aujourd'hui que l'automobile soit un fait de civilisation. Fer et automobile sont davantage devenus complémentaires ou alternatifs qu'antagonistes.

Le champ à l'intérieur duquel le chemin de fer offre d'aussi bons services que l'avion (sinon de meilleurs) est en train de s'élargir : 500, 600 km.


Quant au domaine des marchandises, il y a certes place pour chaque mode, mais les craintes qui pèsent désormais sur la sécurité de l'approvisionnement pétrolier doivent conduire à prendre en compte, dans toute l'étendue des transports substituables, l'avantage énergétique du chemin de fer. Réservez ce bien précieux qu'est le pétrole aux seuls usages pour lesquels il est irremplaçable.




Communauté Economique Européenne (10 pays)
 Consommation d'énergie en 1975 et 1979 (en millions de tonnes équivalent-pétrole : MTEP)

	1975				1979			
	en MTEP	en %	dont pétrole		en MTEP	en %	dont pétrole	
			10 ⁶ t	%			10 ⁶ t	%
Consommation primaire	886				1 015			
Consommation finale (hors pétrochimie)	737	100	341	100	847	100	382	100
dont :								
industrie	289	39,2	85	24,9	316	37,3	88	23,0
résidentiel, tertiaire, divers	315	42,8	130	38,1	371	43,8	141	36,9
transports	133	18,0	126	37,0	160	18,9	153	40,1
dont :								
route	106,0	14,4	105,8	31,0	130,0	15,4	129,7	33,9
air	12,9	1,8	12,9	3,8	16,0	1,9	16,0	4,2
rail	9,0	1,2	2,8	0,8	9,4	1,1	2,8	0,8
voies navigables	4,9	0,6	1,9	1,4	4,6	0,5	4,6	1,2

Communauté Economique Européenne (10 pays)

Consommation d'énergie des transports terrestres en 1975 et 1979

Décomposition par nature d'énergie (en millions de tonnes équivalent-pétrole : MTEP) 

-  Produits pétroliers
-  Combustibles solides
-  Electricité

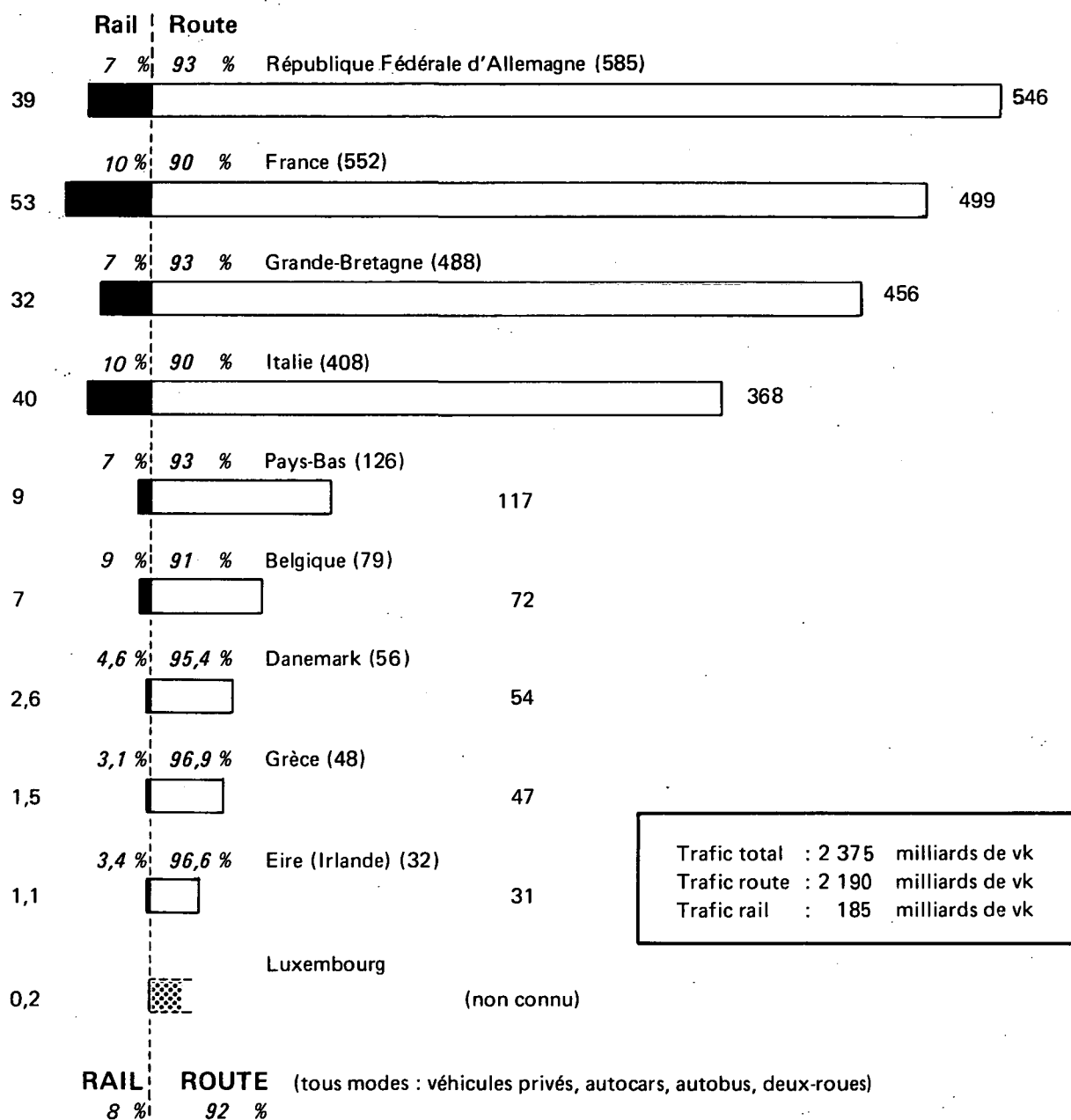
1975

100 % = 119,9 MTEP			Électr.	solide	Pétrol.
			5,7	0,5	113,5
rail (7,5 %)	9 MTEP	5,7 0,5 2,8			
(4,1 %) voies navigables	4,9 MTEP	4,9			
		0,2			
route (88,4 %)	106 MTEP	105,8			

1979

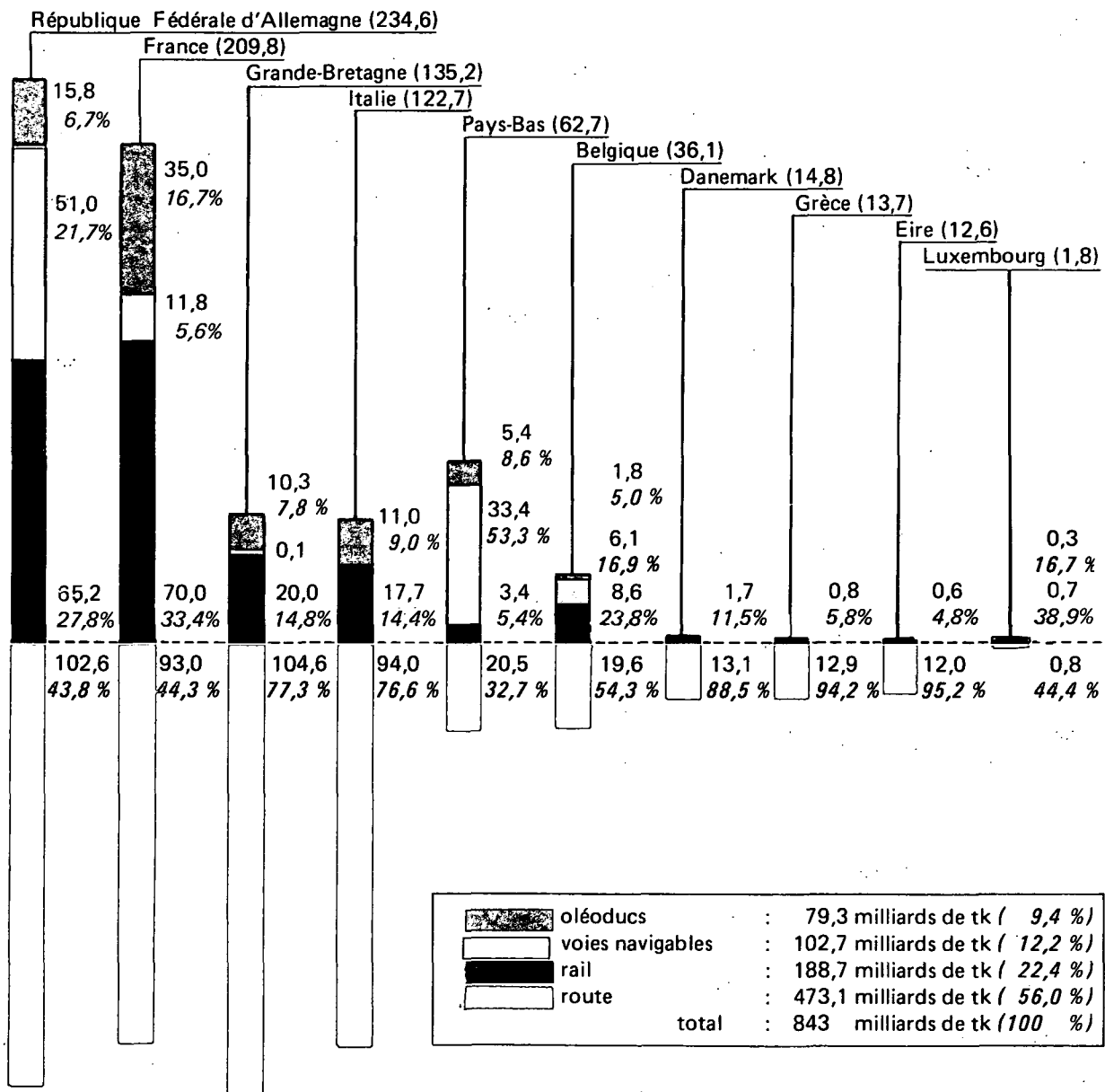
100 % = 144 MTEP			Électr.	solide	Pétrol.
			6,4	0,2	137,2
rail (6,5 %)	9,4 MTEP	6,4 0,2 2,8			
(3,2 %) voies navigables	4,6 MTEP	4,6			
		0,2			
route (90,3 %)	130 MTEP	129,8			

Communauté Economique Européenne (10 pays)
Transports de voyageurs en 1979
Répartition modale (en milliards de voyageurs-kilomètres arrondis)



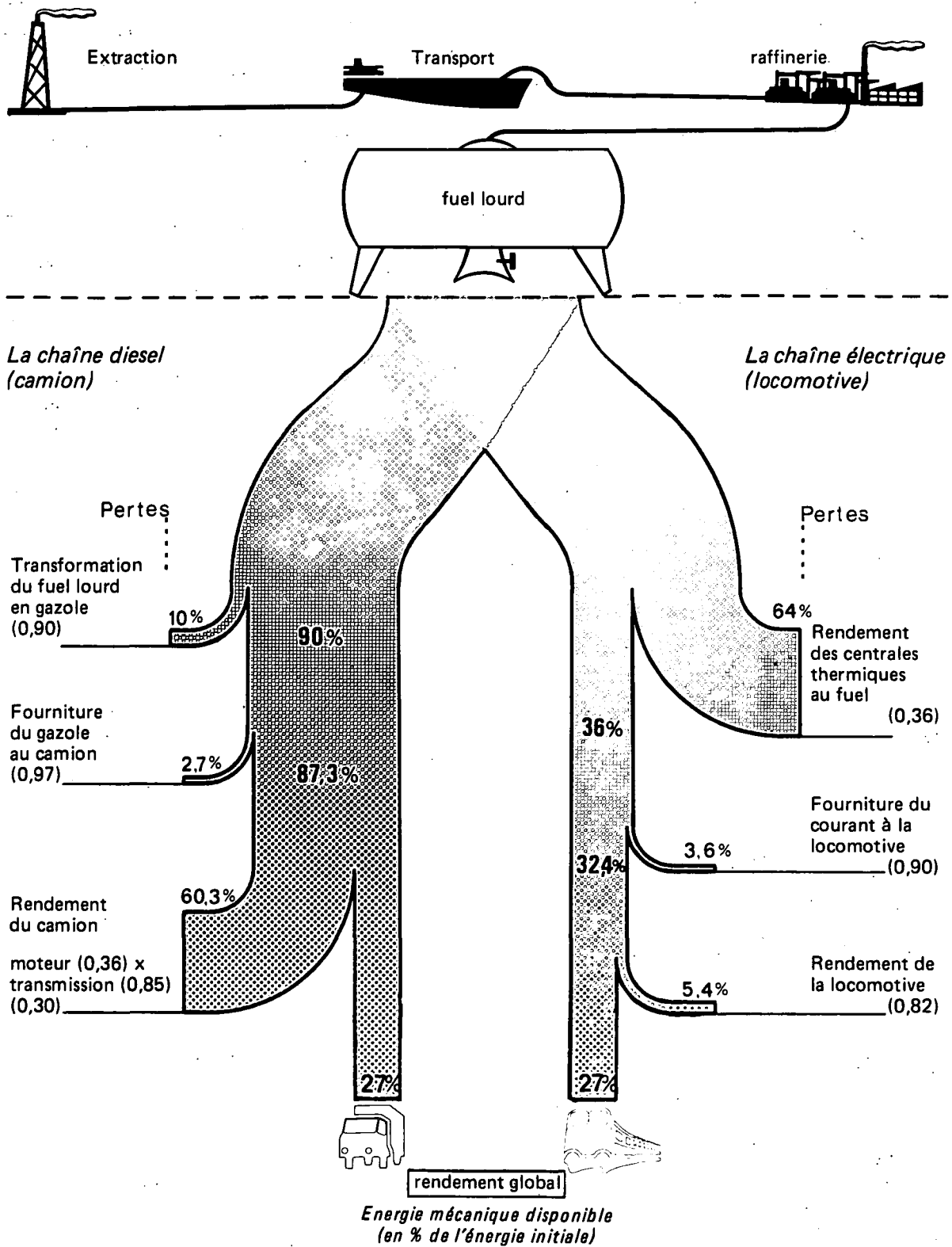
Sources : Statistiques UIC.
 Statistiques CEMT.
 International Section Transport Statistics UK.
 Bulletin annuel de Statistiques de Transport (1978/1980 - Genève).

Communauté Economique Européenne (10 pays)
 Transports de marchandises en 1979
 Répartition modale (en milliards de tonnes-kilomètres)



Sources : Statistiques UIC.
 Statistiques CEMT.
 International Section Transport Statistics UK.
 Bulletin annuel de Statistiques de Transport (1979/1980 - Genève).

Comparaison des rendements énergétiques des chaînes de traction



Source : SNCF

Le transport ferroviaire de marchandises en France en 1979
Consommation d'énergie

		Régime d'acheminement des marchandises			
		accélééré	ordinaire	en trains complets	ensemble
Trafic	10 ⁶ tonnes	25,9	63,5	120,2	209,6
	10 ⁹ tk	14,6	24,2	27,2	66
Coefficients	de parcours en charge	0,74	0,68	0,50	0,57
	de chargement	0,48	0,63	0,96	0,75
	d'utilisation	0,36	0,43	0,48	0,43
Consommation d'énergie	totale (KTEP)	310	263	202	775
	% d'électricité	81 %	66 %	76 %	75 %
	unitaire (gep/tk)	21,2	10,9	7,4	11,7

tk : tonnes-kilomètres
 KTEP : milliers de tonnes équivalent-pétrole
 gep/tk : grammes équivalent-pétrole par tonne-kilomètre

Le transport routier de marchandises en France en 1979

Consommation d'énergie

(toutes professions : compte propre et compte d'autrui)

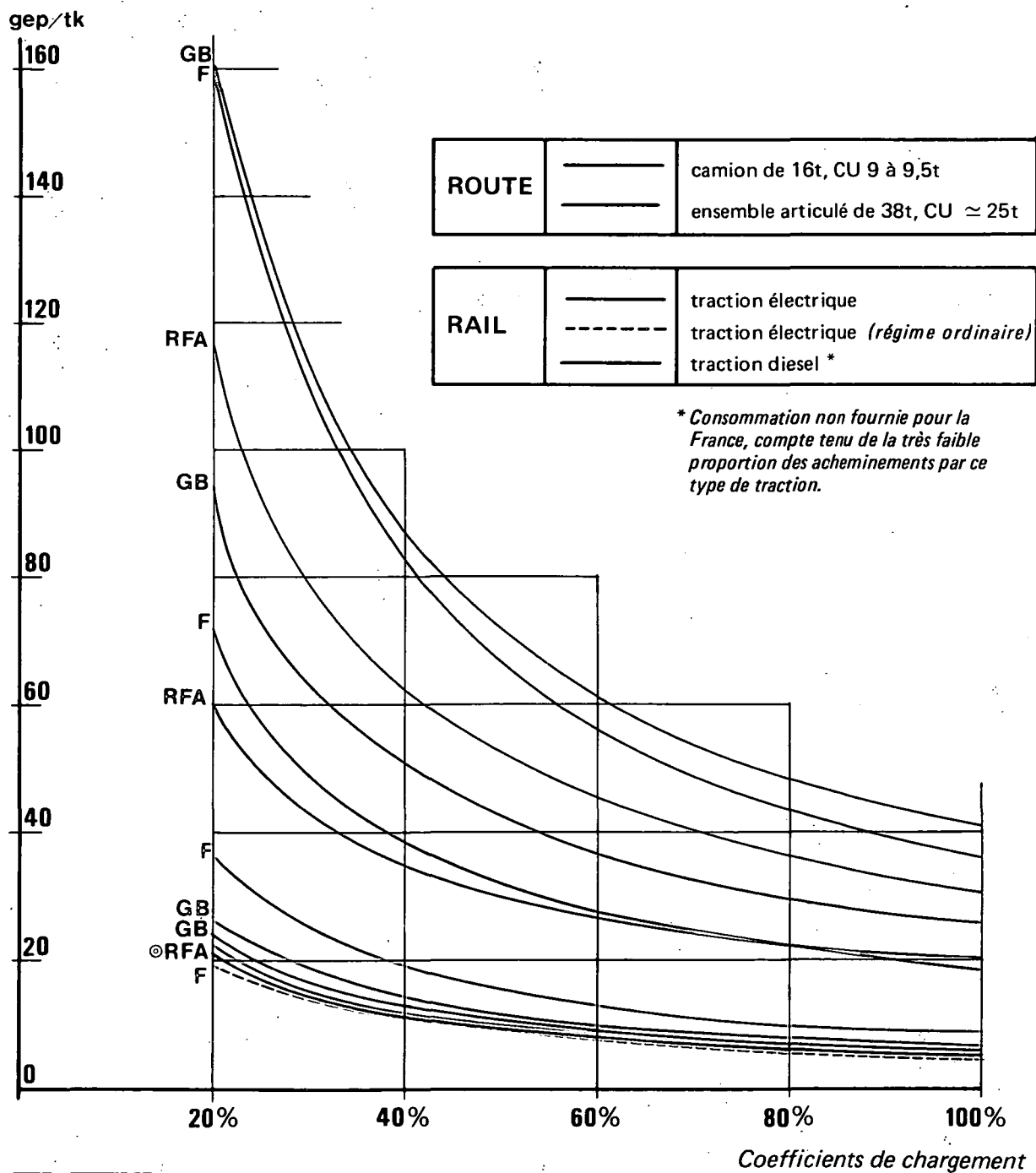
Classe de charge utile (en tonnes)		3 à 4,5	4,6 à 6,5	6,6 à 8,9	9 à 12,9	13 à 16,9	17 et +	ensemble
Charge utile moyenne (en tonnes)		3,5	5,5	16,8				14,5
				7,6	10,5	14,8	23,6	
Parc (véhicules)		69 000	67 000	52 000	99 000	33 000	99 000	419 000
Trafics	10 ³ tonnes	45 795	68 723	91 432	329 127	319 780	513 093	1 367 950
	10 ⁶ tk	2 141	4 105	4 545	16 299	7 266	60 183	94 539
Coefficients	de parcours en charge	0,731	0,722	0,685	0,681	0,629	0,699	0,694
	de chargement	0,708	0,652	0,690	0,766	0,777	0,840	0,800
	d'utilisation	0,517	0,471	0,473	0,522	0,489	0,587	0,555
Consommation unitaire d'énergie (en gep/tk)		105,9	84,4	71,4	52,7	38,0	27,4	38,9

tk : tonnes-kilomètres

gep/tk : grammes équivalent-pétrole par tonne-kilomètre

Comparaison des consommations unitaires d'énergie de la route et du rail en Grande-Bretagne, République Fédérale d'Allemagne, France.

(Consommations établies sur la base d'un taux moyen de retour à vide de 30 % pour la France et la Grande-Bretagne, et sur la base du taux moyen effectivement constaté pour la République Fédérale d'Allemagne).



Sources : Grande-Bretagne : BR (ROAD RESEARCH LABORATORY)
 République Fédérale d'Allemagne : SCHWANHÄUSSER)
 France : IRT (Pour la route), SNCF (pour le rail).

La traction électrique en Europe (8 réseaux)
Importance en 1979

réseaux	lignes électrifiées (en km)	<i>rapport :</i> lignes électrifiées longueur totale du réseau	<i>rapport :</i> $\frac{\text{TKBR sur lignes électrifiées}}{\text{TKBR tous modes de traction}}$
FS (Italie)	8.632	52,5 %	89,5 %
DB (RFA)	10.879	38,1 %	83,0 %
NS (Pays-Bas)	1.759	61,1 %	83,0 %
SNCF (France)	9.863	28,6 %	78,3 %
SNCB (Belgique)	1.344	31,3 %	52,1 %
CFL (Luxembourg)	137	50,7 %	47,1 %
BR (Grande-Bretagne)	3.718	21,0 %	34,9 %
DSB (Danemark)	135	6,7 %	19,4 %

TKBR : tonne kilométrique brute remorquée.

Source : UIC