

Analyse comparative de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ entre le transport routier et le transport combiné rail/route

IFEU

(Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH)

SGKV

(Studiengesellschaft für den kombinierten Verkehr e.V.)



Rapport sommaire et conclusions de :

I N T R O D U C T I O N

Le slogan **“les marchandises sur le rail”** part de la supposition que le transport ferroviaire de marchandises consomme moins d'énergie primaire et produit moins de CO₂ que le transport routier. C'est peut-être vrai pour le transport à longue distance de marchandises en vrac par liaison ferroviaire directe. Mais pour les cargaisons moins importantes et les destinations qui ne disposent pas de leur propre embranchement, il en est tout autrement.

Les affirmations selon lesquelles les avantages écologiques du transport ferroviaire justifient le transfert des marchandises de la route au rail doivent être considérées avec une certaine prudence. Premièrement, à quelques exceptions près, les marchandises ne peuvent être transportées porte à porte par le rail : les camions doivent prendre le relais. Deuxièmement, la plupart des transports se résument à un seul chargement transporté de A à B par un seul camion. S'il était acheminé par le rail, ce même chargement serait placé dans un train qui regroupe plusieurs cargaisons individuelles, dont la plupart devraient alors être transportées sur une plus longue distance que si elles étaient transportées directement par la route. Enfin, chaque cargaison devrait être transbordée deux fois en cours de route, soit une fois du camion qui l'achemine au terminal ferroviaire, et une fois encore du train au camion qui assure sa livraison à destination finale.

La complexité de la question a amené la Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. ainsi que l'Union Internationale des Transports Routiers (IRU) à mandater l'Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) de Heidelberg ainsi que la Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr (SGKV) de Francfort pour effectuer une étude conjointe. Cette étude consiste à comparer la consommation d'énergie primaire et les émissions de CO₂ du transport exclusivement routier d'une part, et du transport combiné rail/route d'autre part.

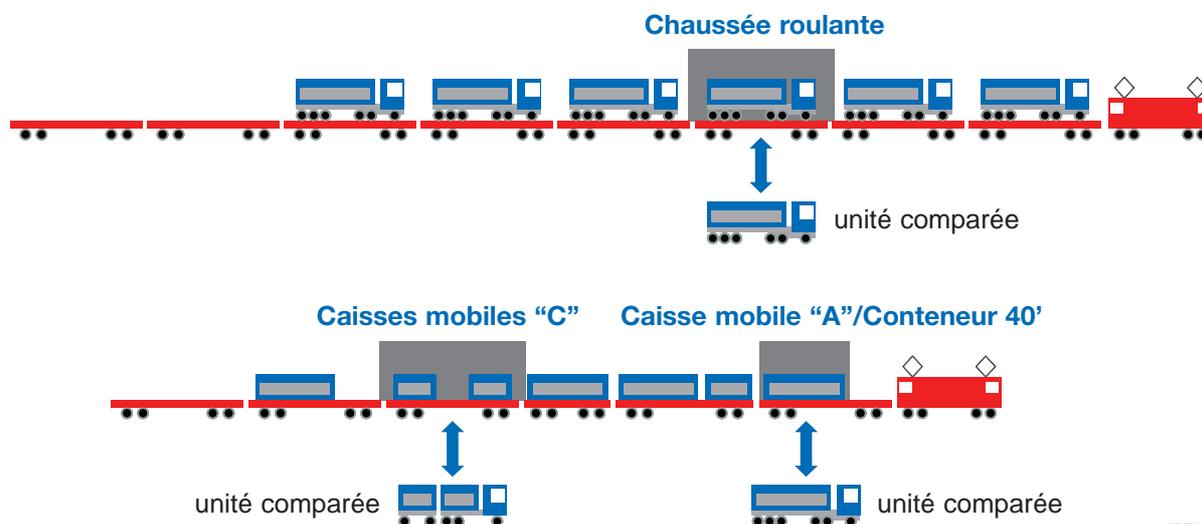
M É T H O D O L O G I E D E R E C H E R C H E

■ L'objectif de cette étude était de comparer, sur un itinéraire donné en Europe, les principaux effets sur l'environnement du transport d'une unité de chargement exclusivement par la route, par rapport au transport de la même unité de chargement par transport combiné rail/route. Contrairement aux études précédentes, l'on a tenu compte de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ tant pour les tronçons routiers en début et en fin de transport que pour

les opérations de manutention. L'on a également tenu compte des coefficients de charge typiques.

Le transport de marchandises par camion de 40 tonnes a été comparé à différentes techniques de transport combiné rail/route, soit par conteneur, caisse mobile, semi-remorque et chaussée roulante – cette dernière option consistant à transporter le tracteur, la semi-remorque et le conducteur par le rail.

Figure 1: Comparaison de divers types de transport combiné avec le transport routier, pour une unité de chargement normalisée



IFEU 2001

L'étude a comparé l'énergie primaire nécessaire au transport routier (production et consommation de gazole) à celle nécessaire au transport combiné (gazole pour les camions et les trains, électricité pour les trains générée à base de combustibles fossiles, par des centrales nucléaires ou des centrales hydroélectriques et autres ressources renouvelables). Pour les valeurs électriques, les calculs se fondent sur les statistiques nationales existantes.

Les itinéraires ferroviaires choisis pour cette étude sont les liaisons optimales, soit celles qui permettent au transport combiné d'utiliser des trains-blocs directs avec un coefficient de charge élevé. Pour le transport routier, l'on a tenu compte des fluctuations du taux de consommation de carburant sur autoroute, sur route nationale et en ville. L'effet de la pente sur la consommation d'énergie a été pris en considération sur les divers itinéraires et pour tous types de

transport. Pour le transport combiné, l'ensemble de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ a été décomposé entre les diverses opérations composant le transport : acheminement et distribution par route, trajet principal par rail et transbordements.

La consommation de carburant d'un camion de 40 tonnes transportant une charge moyenne a été calculée à 34 litres aux 100 km. A titre de comparaison, un camion de 40 tonnes en pleine charge consomme en moyenne 39,2 litres aux 100 km, et un camion vide 29,3 litres aux 100 km.

La comparaison est faite entre le transport routier par un camion en pleine charge (soit consommant 39,2 litres aux 100 km) et la même unité de chargement par transport combiné. Les coefficients de charge des trains de transport combiné reflètent les chiffres effectifs pour les itinéraires étudiés.

R É S U L T A T S

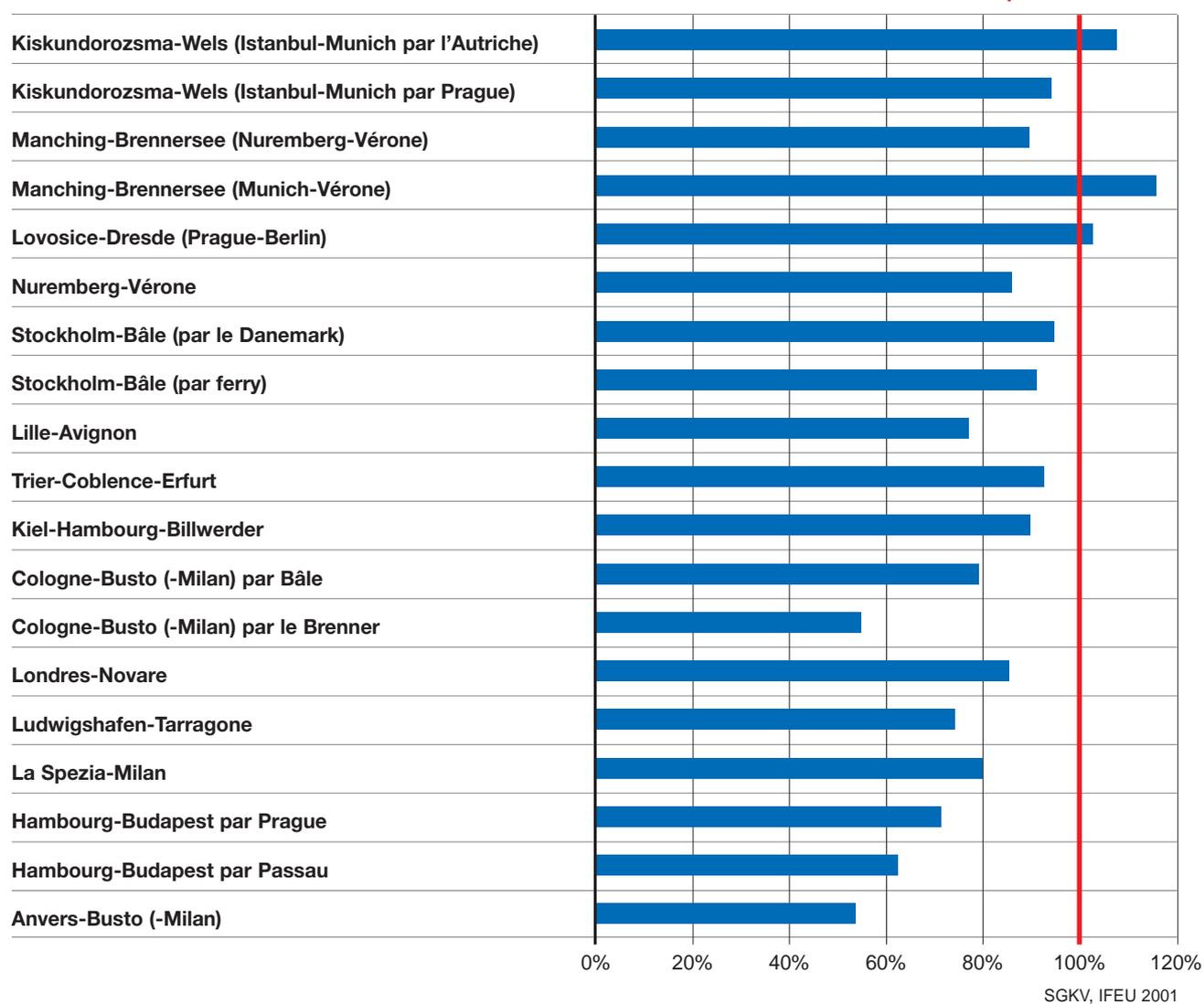
Consommation d'énergie

Sur les 19 itinéraires étudiés, la consommation d'énergie primaire du transport combiné est :

- jusqu'à 15% supérieure dans 3 cas;
 - de 20-40% inférieure dans 6 cas;
 - jusqu'à 20% inférieure dans 8 cas;
 - inférieure de plus de 40% dans 2 cas;
- par rapport au transport exclusivement routier.

Figure 2: Comparaison de la consommation d'énergie primaire entre le transport combiné rail/route et le transport routier

Transport routier = 100%



■ Le transport combiné au moyen de la chaussée roulante n'a révélé aucun avantage significatif par rapport au transport routier. Dans trois des cas, il a même occasionné une consommation d'énergie primaire plus élevée. Les

résultats sont meilleurs pour les transports combinés non-accompagnés, et les meilleures performances sont réalisées au moyen de caisses mobiles et de conteneurs.

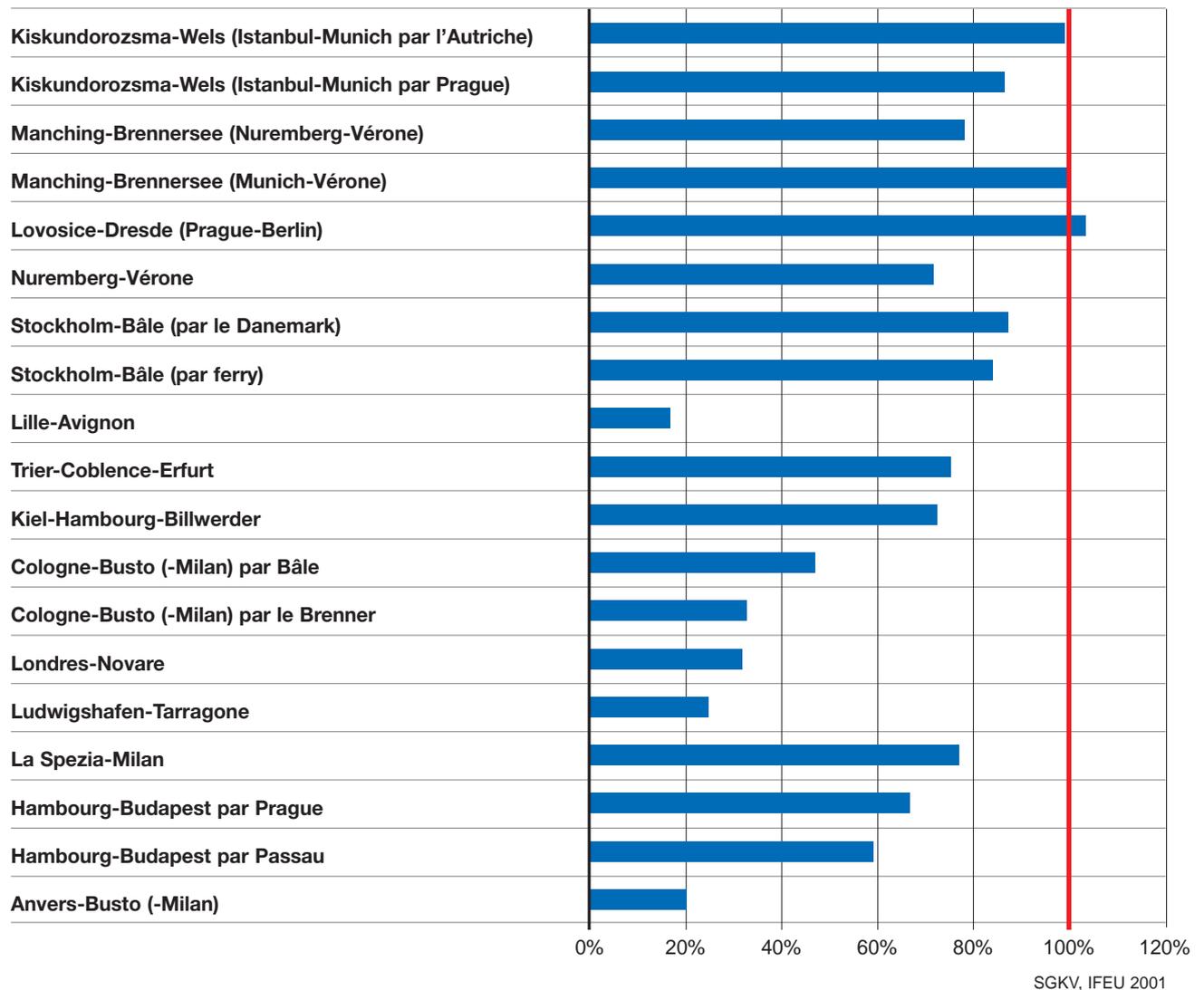
Emissions de CO₂ du transport combiné

Elles sont:

- jusqu'à 3% supérieures dans 2 cas; ■ de 20-50% inférieures dans 7 cas;
 - jusqu'à 20% inférieures dans 4 cas; ■ inférieures de plus de 50% dans 6 cas;
- aux émissions produites par le transport exclusivement routier.

Figure 3: Comparaison des émissions de CO₂ entre le transport combiné rail/route et le transport routier

Transport routier = 100%



■ Plus la part du nucléaire est élevée dans la production d'électricité motrice pour les trains, moins les émissions globales de CO₂ produites par le transport combiné sont importantes. Ainsi, une unité d'électricité pour les chemins de fer tchèques (produite principalement par des cen-

trales alimentées par du combustible fossile) produit des émissions de CO₂ plus de 12 fois supérieures à celles de la même unité utilisée par les chemins de fer français (plus de 80% de l'électricité française étant produite par des centrales nucléaires).

AUTRES FACTEURS

Coefficients de charge des trains

■ La performance environnementale d'un transport combiné varie en fonction du coefficient de charge et de la longueur des trains utilisés. Pour des raisons extérieures (poids maximal du train), il est souvent impossible d'exploiter pleinement

la capacité utile des trains de transport combiné. Plus le train est court et moins son coefficient de charge est élevé, plus sa performance environnementale diminue.

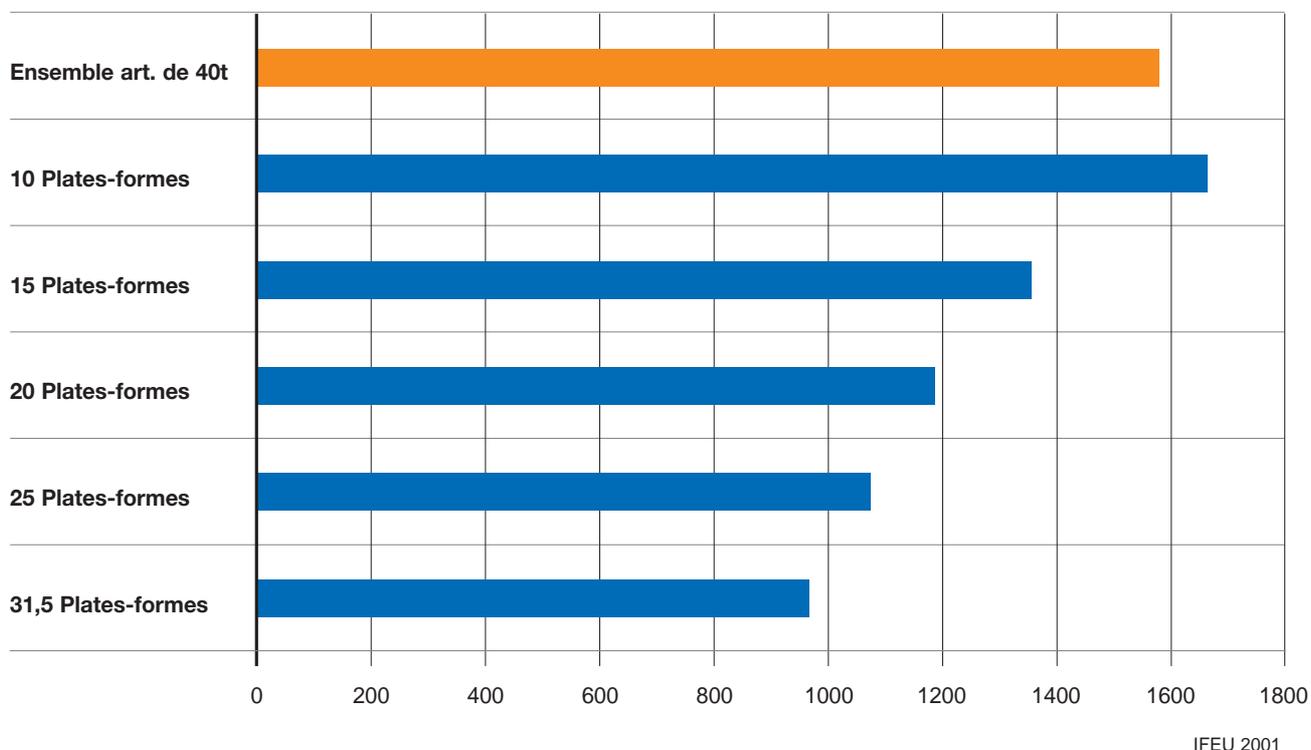
Tableau 1: Coefficients de charge minimaux permettant au transport combiné d'avoir une consommation d'énergie primaire et des émissions de CO₂ inférieures à celles du transport routier (comparaison absolue, tous les autres paramètres étant fixes)

Itinéraire	Coeff. de charge moyen du TC	Energie primaire	Emissions de CO ₂
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-Munich par Prague)	65%	>50%	>35%
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-Munich par l'Autriche)	65%	>85%	>55%
Manching-Brennersee (Munich-Vérone)	90%	>100%	>90%
Manching-Brennersee (Nuremberg-Vérone)	90%	>64%	>43%
Lovosice-Dresde (Prague-Berlin)	80%	>85%	>95%
Hambourg-Budapest par Passau	90%	>44%	>41%
Hambourg-Budapest par Prague	90%	>53%	49%
Stockholm-Bâle (par le Danemark)	85%	66%	50%
Stockholm-Bâle (par ferry)	85%	59%	44%
Cologne-Busto (-Milan) par le Brenner	90%	38%	19%
Cologne-Busto (-Milan) par Bâle	90%	62%	30%
Nuremberg-Vérone	80%	61%	46%
Anvers-Busto (-Milan)	80%	29%	6%
Londres-Novare	90%	69%	15%
Ludwigshafen-Tarragone	90%	55%	12%
La Spezia-Milan	90%	60%	56%
Lille-Avignon	90%	57%	5%
Trier-Coblence-Erfurt	75%	65%	46%
Kiel-Hambourg-Billwerder	70%	59%	44%

IFEU 2001

Figure 4: Consommation spécifique d'énergie primaire d'un ensemble articulé de 40 t et des trains de transport combiné de diverses longueurs (Train C6 Hambourg-Budapest)

(MJ/100 km/camion ou unité équivalente de transport combiné)



Exemple

■ Les trains de transport combiné transportant des caisses mobiles de Cologne à Milan par Bâle atteignent un coefficient de charge moyen équivalent à 90% de leur pleine capacité. Pour ce transport combiné, si le coefficient de charge du train est inférieur à 62%, la consommation d'énergie est plus élevée que celle nécessaire au transport de ces mêmes caisses mobiles exclusivement par la route. Si le coefficient de charge est inférieur à 30%, alors les émissions de CO₂ du transport combiné sont également plus

importantes que celles produites si le transport s'effectue entièrement par camion.

Pour le transport d'un conteneur de Hambourg à Budapest, la consommation d'énergie primaire est plus élevée pour l'ensemble du transport par camion que par transport combiné, pour autant toutefois que le train en question transporte au moins 15 conteneurs. Si ce chiffre est inférieur à 10, le transport routier est plus performant.

Emplacement des points d'origine et de destination

■ A moins que le tronçon routier du point d'origine au terminal ferroviaire de départ n'aille sensiblement dans la même direction que le trajet par rail du terminal de départ au terminal d'arrivée, la distance totale parcourue pour un transport combiné est plus longue que pour un transport

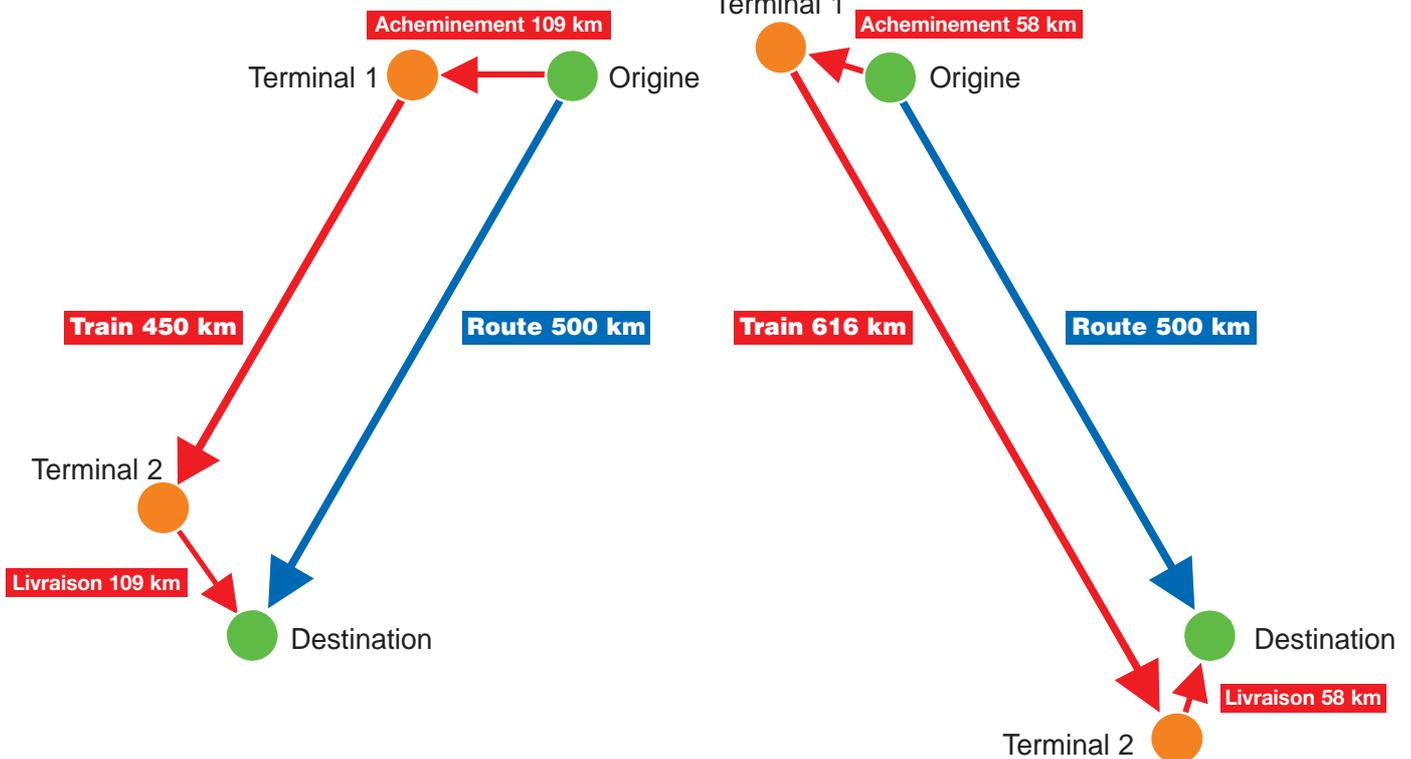
routier. Dans de tels cas, la performance environnementale du transport combiné présente de sérieuses carences. Plus la distance entre le terminal ferroviaire et le point d'origine ou de destination est courte, plus la performance environnementale du transport combiné augmente.

Figure 5: Simulation du "seuil de rentabilité" des distances d'acheminement et de livraison

Exemples de transports rail/route et transports routiers présentant la même consommation d'énergie

Acheminement et livraison dans la même direction que le trajet par rail

Acheminement et livraison dans la direction opposée au trajet par rail



IFEU 2001

Tableau 2: Unités de chargement, coefficients de charge et distances pour les liaisons de transport combiné en Europe

Itinéraire	Unité de chargement	Coef. de chargement	Distance (km)				
			Transport combiné rail/route				Route
			Train	Achem.	Livraison	Train	Total
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-Munich par Prague)	camion 40t	65%	1222	249	648	2119	2352
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-Munich par l'Autriche)	camion 40t	65%	1222	249	648	2119	2066
Manching-Brennersee (Munich-Vérone)	camion 40t	90%	74	237	306	617	437
Manching-Brennersee (Nuremberg-Vérone)	camion 40t	90%	92	237	306	635	605
Lovosice-Dresde (Prague-Berlin)	camion 40t	80%	63	194	117	374	342
Hamburg-Budapest par Passau	conteneur 40'	90%	-	20	1243	1263	1365
Hamburg-Budapest par Prague	conteneur 40'	90%	-	20	1243	1263	1225
Stockholm-Bâle (par le Danemark)	semi-remorque	85%	650 route 200 ferry	30	914	1794	1937
Stockholm-Bâle (par ferry)	semi-remorque	85%	650 route 200 ferry	30	914	1794	650 route S 200 ferry 884 route D
Cologne-Busto (-Milan) par le Brenner	2 caisses mobiles "C"	90%	10	36	852	898	1204
Cologne-Busto (-Milan) par Bâle	2 caisses mobiles "C"	90%	10	36	852	898	830
Nuremberg-Vérone	semi-remorque	80%	30	30	642	702	606
Anvers-Busto (-Milan)	conteneur 40'	80%	30	36	963	1029	1302
Londres-Novare	caisse mobile "A"	90%	50	30	1343	1423	1271 route 40 Eurotunnel
Ludwigshafen-Tarragone	conteneur 40'	90%	4	20	1318	1342	1385
La Spezia-Milan	2 conteneurs 20'	90%	-	25	230	255	222
Lille-Avignon	semi-remorque	90%	30	30	815	875	915
Trier-Coblence-Erfurt	semi-remorque	75%	20	20	500	540	430
Kiel-Hambourg	2 conteneurs 20'	70%	-	-	110	110	114

Source: SGKV, IFEU 2001

Exemple 1

■ La distance de Munich à Vérone par la route est de 437 km. Si le transport s'effectue par la chaussée roulante (p.ex. Manching - Brenner see), cette distance augmente à 617 km. Dans ce cas, le transport combiné consomme non seulement davantage d'énergie primaire que le transport routier pur, mais engendre également des émissions de CO₂ plus importantes.

Exemple 2

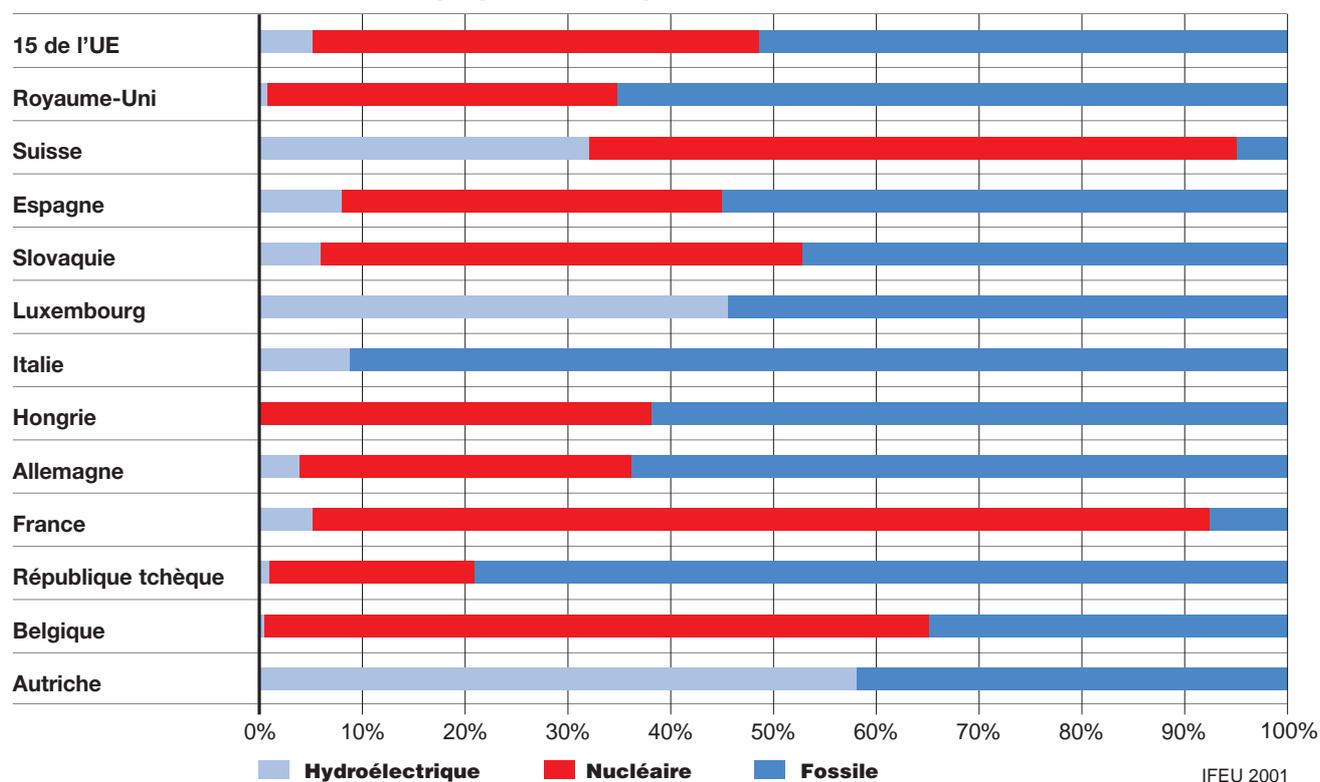
■ Pour un transport combiné de Cologne à Busto, l'acheminement initial par route à Cologne n'est que de 10 km, et la livraison finale par route en Italie suit à peu près la direction globale du trajet. Par contre, pour un transport de Coblence à Varese, l'acheminement initial est plus long et tant l'acheminement que la livraison se font en sens inverse du trajet principal. Dans ce cas, il est évident que la performance environnementale du transport combiné est inférieure.

Combinaison des différentes formes d'énergie

■ La performance environnementale du transport combiné dépend également de la façon dont l'électricité utilisée par les trains est produite. Par exemple, plus la part du nucléaire est prépondérante dans cette combinaison, moins le volume des émissions de CO₂ engendrées par le trajet ferroviaire est important. Paradoxalement, le transport combiné semble ainsi particulièrement

“écologique” dans les pays les plus dépendants du nucléaire pour leur production d'électricité. Etant donné les risques inhérents à la puissance nucléaire et l'absence d'une solution fiable à long terme pour éliminer les déchets radioactifs, le coût global de cette solution et son impact sur l'environnement sont incalculables.

Figure 6: Répartition des sources d'énergie pour la production d'électricité dans divers pays d'Europe



Exemple

■ Près de 90% de l'électricité produite en France est d'origine nucléaire, alors qu'en République tchèque, près de 80% l'est à base de combustibles fossiles. Il en découle qu'une unité d'électricité consommée par les chemins de fer tchèques engendre plus de 12 fois plus d'émissions de CO₂ que la même unité d'électricité en

France. Si l'on utilise la chaussée roulante Lovosice-Dresde sur l'itinéraire Prague-Berlin, les émissions de CO₂ ainsi produites sont plus élevées que si le même chargement était entièrement acheminé par la route.

Type d'unité de chargement

■ La performance environnementale du transport combiné varie selon le type d'unité de chargement utilisé. Les solutions les plus performantes pour le transport combiné sont les conteneurs et caisses mobiles, dont le poids à vide est le moins élevé. Le transport combiné est moins performant

avec les semi-remorques, le châssis ayant un poids à vide plus important. La solution la moins performante est la chaussée roulante, où l'on charge les camions entiers dans des wagons spéciaux à plancher surbaissé dont le poids à vide est extrêmement important.

Tableau 6: Caractéristiques typiques des trains de transport combiné

Train No.	Itinéraire	Unité de chargement habituelle	Poids à vide des wagons (t)	No. de plates-formes	Poids moyen wagon/plate-forme (t)
RR1	Kiskundorozsma-Wels	camion 40t	390	18	21,7
RR2	Manching-Brennersee	camion 40t	373	18	20,7
RR3	Lovosice-Dresde	camion 40t	473	25	18,9
ST1	Nuremberg-Vérone	semi-remorque	405	24	17,2
ST2	Lübeck-Bâle	semi-remorque	567	28	20,2
ST3	Lille-Avignon	semi-remorque	553	30	18,4
ST4	Trier-Coblence-Erfurt	semi-remorque	496	32	15,5
C1	Kiel-Hambourg-Billwerder	2 conteneurs 20'	263	18	14,6
C2	Cologne-Busto	2 caisses mobiles "C"	482	25	19,4
C3	Londres-Novare	caisse mobile "A"	476	26	18,3
C4	Ludwigshafen-Tarragone	conteneur 30'	270	23	12,0
C5	La Spezia-Milan	2 conteneurs 20'	500	30	16,7
C6	Hambourg-Budapest	conteneur 40'	470	32	14,9
C7	Anvers-Busto	conteneur 40'	424	36	11,8

IFEU 2001

C O N C L U S I O N S

Il n'existe aucun moyen de transport qui soit véritablement écologique. Le transport combiné n'est pas fondamentalement plus performant que le transport routier pur en termes d'impact sur l'environnement, si l'on se réfère à la consommation d'énergie et aux émissions de CO₂.

■ L'introduction imminente des moteurs Euro 4 et 5 pour les véhicules utilitaires va encore faire baisser les limites européennes des niveaux d'émission de substances nocives spécifiques, au point où la performance environnementale des transports se mesurera désormais principalement en termes de consommation d'énergie primaire et d'émissions de CO₂.

Les conclusions de l'étude sont très claires à cet égard : un transfert des marchandises de la route au rail ne réduit pas automatiquement la consommation d'énergie primaire ou les émissions de CO₂. Même dans l'hypothèse où les projections les plus optimistes pour un tel transfert seraient réalisables, il n'en découlerait aucune économie substantielle d'énergie.

S'il est vrai qu'en général, les transports combinés non-accompagnés consomment moins d'énergie primaire que les transports routiers, l'usage de la chaussée roulante est rarement plus écologique que ces derniers. L'efficacité du transport combiné en termes d'émissions de CO₂ est bien moindre qu'on ne le suppose généralement dans les milieux politiques. Car si le transport combiné émet parfois moins de CO₂, ce n'est qu'en raison de la part importante d'énergie nucléaire nécessaire à la production d'électricité pour les chemins de fer.

Il faut rappeler que les chercheurs ont basé leurs comparaisons sur l'étude des itinéraires où le transport combiné est le plus performant. Ils n'ont donc tenu compte que des transports rail/route les plus écologiques.

Le message aux décideurs est clair : le slogan réducteur “les marchandises sur le rail” n’est pas correct, même du point de vue environnemental. Le transport combiné peut se révéler plus écologique, mais uniquement quand des facteurs extérieurs permettent une exploitation optimale des avantages particuliers du rail, c’est-à-dire uniquement :

- si l’acheminement et la livraison se font dans la même direction que le trajet principal;
- si les trains atteignent un coefficient de charge élevé; enfin
- si les trains atteignent une longueur minimale donnée.

Il est donc probable que, du point de vue environnemental, tenter de desservir plus directement plusieurs destinations dans un rayon donné en partageant un long train en plusieurs trains plus courts, soit défavorable.

En résumé, dans la plupart des cas, il est plus écologique d’expédier un chargement par route que par transport combiné dans un train à moitié vide.

Les actuelles restrictions au trafic des camions, de nature politique, occasionnent de plus en plus de détours qui augmentent artificiellement les distances pour le transport routier. S’il y avait moins d’obstacles politiques au trafic des poids lourds, si l’on tentait vraiment d’exploiter pleinement l’infrastructure routière existante et si l’on encourageait d’autres innovations écologiques du secteur routier, les résultats de l’étude seraient encore plus favorables au transport routier.

**International Road Transport Union
(IRU)**

3, rue de Varembe
CH - 1211 Geneva 20
Tel: +41-22-918 27 00
Fax: +41-22-918 27 41
E-mail: iru@iru.org
Website: www.iru.org

**Bundesverband Güterkraftverkehr
Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.**

Breitenbachstraße 1
D - 60457 Frankfurt am Main
Tel: +49-69-79 190
Fax: +49-69-79 19 227
E-mail: bgl@bgl-ev.org
Website: www.bgl-ev.de