

## Table des matières

INTRODUCTION .....	2
La consommation d'énergie et les émissions de GES .....	3
Le développement d'un réseau à grande vitesse en Europe .....	4
OBJECTIF .....	7
ACTIONS .....	8
ACTIONS SUPPLEMENTAIRES .....	9
POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES .....	10
CO-BENEFICES.....	10
INVESTISSEMENTS CUMULATIFS.....	11
QUI PAIE QUOI ? .....	11
REACTION CITOYENS.....	12
REACTION ACTEURS ECONOMIQUES .....	12
Aéroports régionaux.....	12
Opérateurs aériens.....	12
Constructeurs d'avions .....	12
Opérateurs de réseaux ferroviaires.....	12
Constructeurs de trains rapides et équipementiers des constructeurs .....	12
CHIFFRAGE.....	12
Estimation du volume du transport en 2050.....	12
Estimation des émissions de GES du transport en 2050 .....	14
RÉFÉRENCES .....	15

## Table des illustrations

Figure 1 : Evolution de la répartition modale des flux de transport passager (UE28) .....	2
Figure 2 : Intensité Carbone des différents modes de transport par sources documentaires .....	3
Figure 3 : Empreinte carbone des services de transport à grande vitesse .....	4
Figure 4 : Empreinte carbone des services de transport à grande vitesse .....	4
Figure 5 : L'avantage modal du train à grande vitesse .....	5
Figure 6 : Part relative du Train vs Avion en fonction de la durée du trajet .....	5
Figure 7 : Relation entre la part du train en trajets et le temps, le coût et la fréquence de trajet (UE27).....	6
Figure 8 : Cartographie des lignes à grande vitesse en Europe (2010) .....	7
Figure 9 : Coût externe total du transport par différents modes de transport .....	10
Figure 10 : Flux de passagers estimés selon les deux scénarii étudiés (Report Modal et Business As Usual) .....	13

# REDONNER L'AVANTAGE AU TRAIN

## INTRODUCTION

Le transport ferroviaire offre une marge de manœuvre pour réduire les émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) puisqu'il représente moins de **1% des émissions** alors qu'il permet le transport de **7 % du volume de passagers et 12% du volume de marchandises** total (EEA, 2015).

Depuis plusieurs décennies, la part du train dans le transport de voyageurs est stable en Europe, bien qu'en absolu, le nombre de voyageurs l'utilisant augmente (+5% depuis 1995).

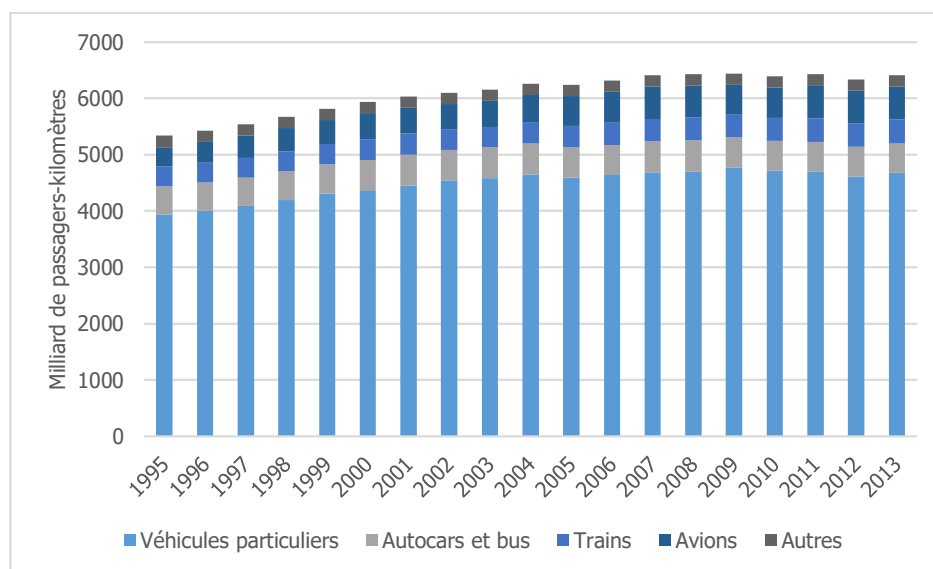


Figure 1 : Evolution de la répartition modale des flux de transport passager (UE28)

Source : EU transport in figures – Statistical pocketbook 2015

Cependant, le transport ferroviaire dispose d'un potentiel de développement important qui pourrait augmenter très significativement sa part modale dans le transport de voyageurs, notamment grâce à la construction de nouvelles lignes et trains à grande vitesse (TGV) pour concurrencer l'avion, à la mise à niveau du réseau conventionnel et des systèmes intermodaux.

## La consommation d'énergie et les émissions de GES

Actuellement, le train électrique est le moyen de transport le moins intensif en termes d'émissions carbone par unité de volume comparé aux voitures et aux avions. Même en prenant en compte l'amélioration technique de chaque type de transport, le train reste le moyen de transport le plus efficace en termes d'émissions de GES.

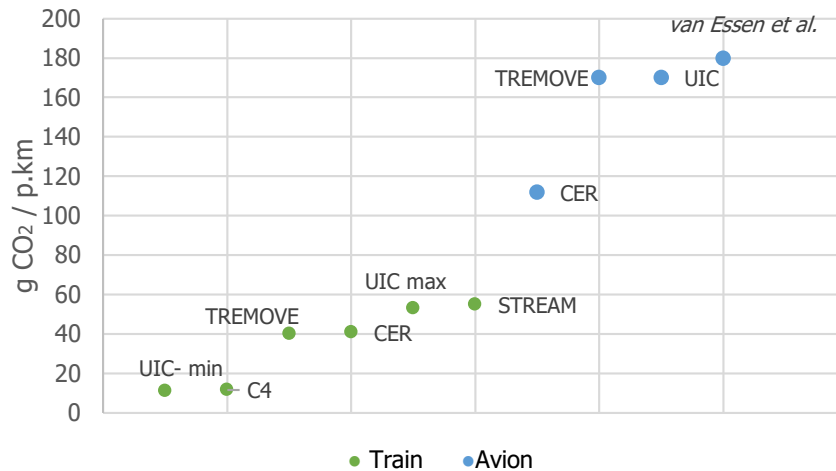


Figure 2 : Intensité Carbone des différents modes de transport par sources documentaires

Sources : Baron et al. (2014), C4 (2015), van Essen et al. (2009), CER (2016)

Aujourd'hui, seulement environ 60% (UIC, 2014) du réseau ferroviaire européen est électrifié. La majorité des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'ensemble du système de transport ferroviaire est due à la consommation électrique des trains. L'augmentation du taux d'électrification contribuerait à réduire davantage ces émissions, même à mix constant, et cela sera évidemment encore plus vrai si nous « décarbonons » la production électrique européenne.

	2000	2010
<b>Charbon</b>	22%	21%
<b>Pétrole</b>	35%	28%
<b>Gaz</b>	11%	13%
<b>Nucléaire</b>	22%	20%
<b>Renouvelable</b>	10%	18%

Tableau 1 : Mix énergétique du transport ferroviaire (UE28)

Source: UIC - International Railway Statistics 2014, UIC (2014)

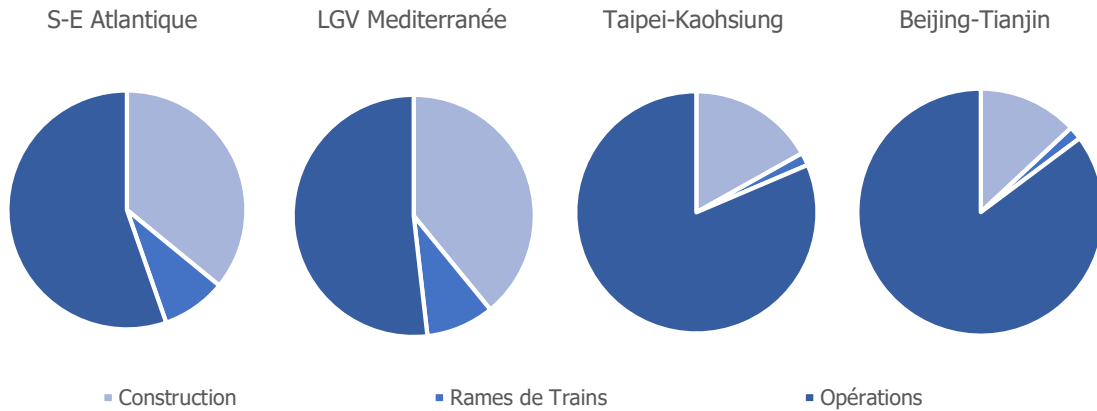


Figure 3 : Empreinte carbone des services de transport à grande vitesse

Source : Carbon Footprint of High Speed Rail, Baron et al. (2014)

Néanmoins, même sans changement du mix énergétique et avec l'aide d'une vitesse moyenne accrue, le transport ferroviaire sera le moyen de transport avec la meilleure efficacité énergétique et le plus faible taux d'émissions de GES en 2050.

De ce fait, augmenter la part modale du transport ferroviaire, en particulier sur les moyennes et longues distances, où il est le plus efficace, est une solution clé en vue de réduire les émissions de GES dans le transport des passagers.

### Le développement d'un réseau à grande vitesse en Europe

Le réseau de grande vitesse européen est en expansion constante. Le Royaume-Uni, la Suède et l'Allemagne ont mis à jour une grande partie de leur réseau conventionnel afin qu'ils puissent être utilisés par les trains à grande vitesse. De nombreux autres pays européens élargissent par ailleurs leurs lignes à grande vitesse. Si les projets déjà proposés sont réalisés, le réseau européen, qui en 2010 avait une longueur de 6 000 km, atteindra 17.000 km d'ici 2025 (sa longueur totale sera multipliée par trois). Si l'expansion se poursuit au même rythme jusqu'en 2050, il y aura 36.000 km de lignes à grande vitesse en Europe.

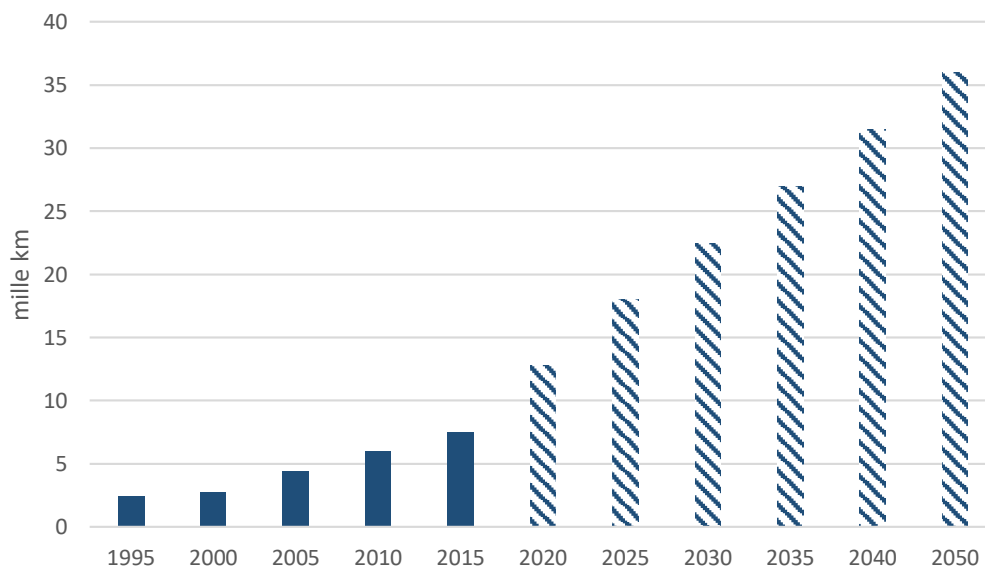


Figure 4 : Empreinte carbone des services de transport à grande vitesse

Source : Carbon Footprint of High Speed Rail, Baron et al. (2014)

## Compétitivité avec d'autres modes de transport

Aujourd'hui, les trains à grande vitesse représentent environ 40% du trafic sur des distances moyennes (200-800 km). Pour les déplacements qui prennent moins de trois heures porte-à-porte, les trains à grande vitesse sont les plus compétitifs. Le train est en mesure d'absorber 80% du trafic aérien quand il permet de faire le même trajet que l'avion en moins de trois heures (porte-à-porte), ce qui correspond à une distance de 500 à 700 km (Nelldal and Andersson 2012). A partir de 900 km de portée, l'avion prend le dessus. Le critère du temps de trajet porte-à-porte est primordial du point de vue du passager.

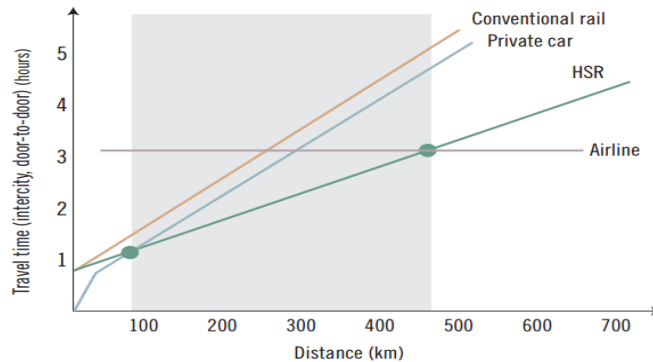


Figure 5 : L'avantage modal du train à grande vitesse

Source : de Rus et al. (2009)

Le prix et la fréquence ont moins d'importance pour le report modal de l'avion vers le train.

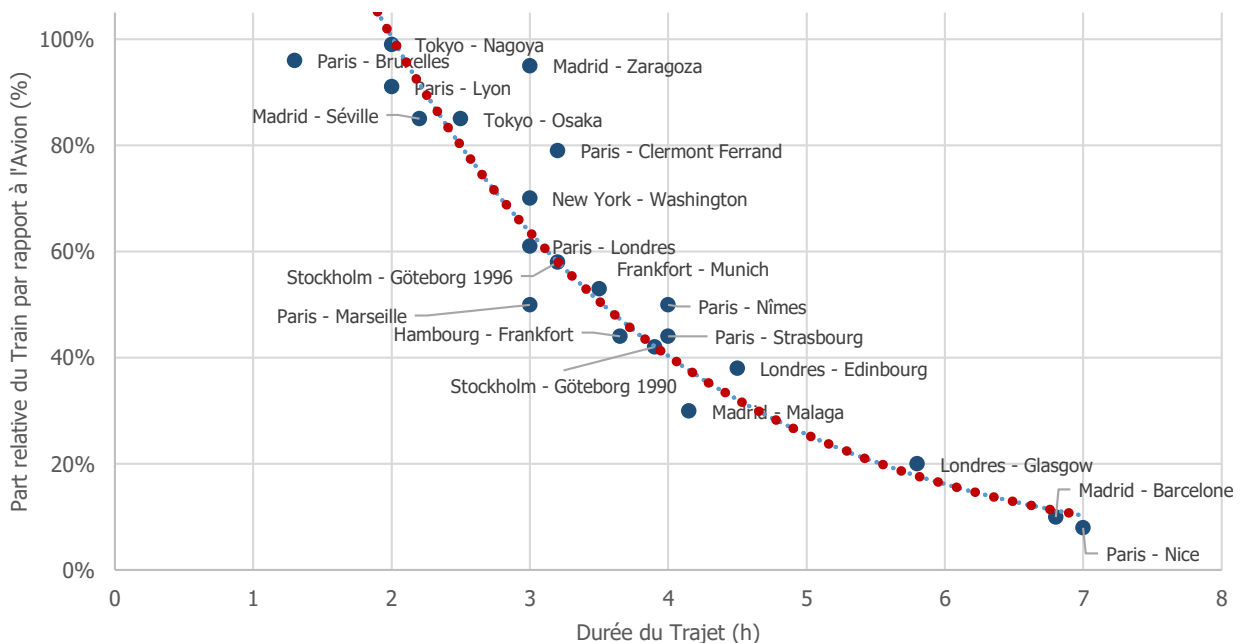


Figure 6 : Part relative du Train vs Avion en fonction de la durée du trajet

Source : Jansson and Nelldal (2010)

Modéliser le report modal de la voiture vers le train est plus complexe qu'avec l'avion. En effet, de nombreux autres facteurs influencent la décision des passagers en plus du temps de trajet. Interviennent aussi la nécessité ressentie d'avoir une voiture à destination et/ou la difficulté à effectuer le segment final autrement qu'en voiture, l'emport de bagages, la fréquence (et la ponctualité), et le coût (cela étant, l'expérience montre que le propriétaire d'une

voiture ne raisonne jamais en coût complet, mais uniquement en coût marginal : carburant et éventuellement péage, ce qui avantage la voiture alors qu'une comparaison en coût complet la désavantagerait).

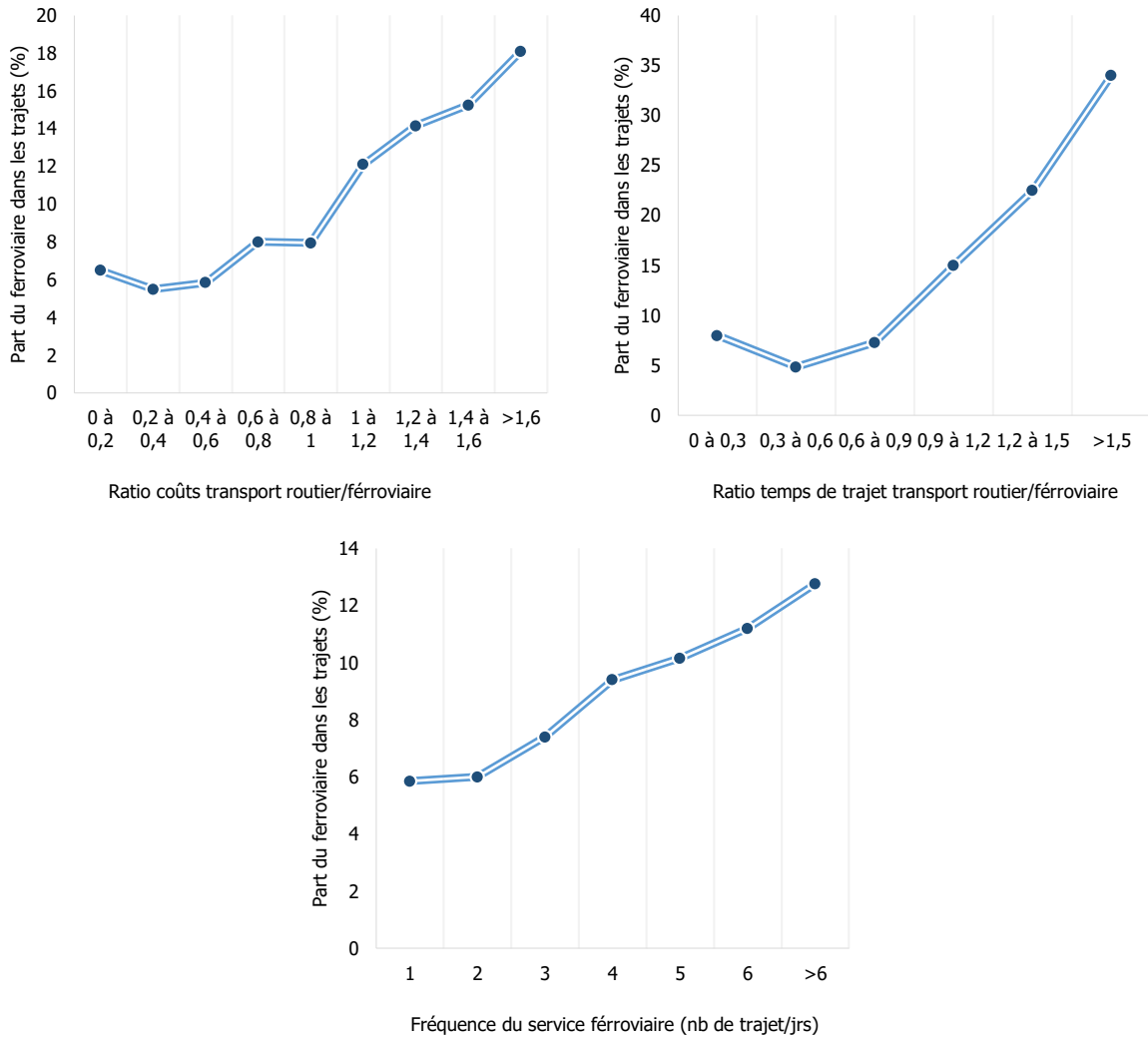


Figure 7 : Relation entre la part du train en trajets et le temps, le coût et la fréquence de trajet (UE27)

Source : Zimmer et Schmied (2008)

L'Union européenne utilise le programme TEN-T pour encourager la coopération entre les entreprises ferroviaires, les compagnies aériennes et les opérateurs de transport routier, afin de favoriser les synergies entre ces différents secteurs et d'optimiser l'intégration du transport au niveau européen (EC, 2016a). Cette approche devrait permettre d'améliorer la consommation d'énergie du secteur du transport, de générer des avantages environnementaux.

## OBJECTIF

**Assurer la majorité du transport de passagers à moyenne distance par transport ferroviaire en 2050 en améliorant la capacité du réseau existant et tripler la longueur du réseau à grande vitesse d'ici 2030 dans tous les États membres.**



Figure 8 : Cartographie des lignes à grande vitesse en Europe (2010)

Source : High speed rail: Fast track to sustainable mobility UIC (2010)

## ACTIONS

### **Action 1 : Développer les liaisons par train grande vitesse entre les principales villes d'Europe et rendre les caractéristiques techniques des réseaux ferroviaires européens homogènes donc interoperables.**

Le grand potentiel de Ligne à Grande Vitesse (LGV) en matière de mobilité à travers le continent n'a pas encore été pleinement exploité. Les infrastructures entre les principales métropoles doivent être construites ou mises en conformité pour permettre des trajets en train rapide. Il paraît opportun de concentrer les efforts sur la construction et l'amélioration des infrastructures dédiés aux **trajets de métropole à métropole, qui transportent le plus de passagers annuellement et dont les contraintes géographiques (mer, montagnes) sont faibles, afin de tripler la longueur du réseau de lignes à grande vitesse d'ici 2050.**

En ce qui concerne les standards et les normes techniques, une grande disparité existe sur le réseau européen de lignes à grande vitesse. Cette situation génère des coûts supplémentaires d'opération importants. Actuellement, chaque compagnie nationale de construction ferroviaire en Europe équipe ses trains en référence à un système de normes qui est propre à ce pays. Ces systèmes ne sont pas interoperables, ce qui crée des obstacles techniques aux voyages internationaux.

L'Union européenne doit donc s'efforcer d'élaborer et de mettre en œuvre des outils normalisés, tels que le système européen de surveillance du trafic ferroviaire (ERTMS) qui vise à harmoniser les réseaux ferroviaires européens en améliorant la sécurité et à remplacer les différents systèmes nationaux de contrôle des trains pour leur permettre de franchir les frontières au sein de l'UE sans avoir à s'arrêter (ERTMS, 2016).

Le déploiement de systèmes de signalisation permettra non seulement l'interopérabilité des lignes européennes, mais aussi de raccourcir l'intervalle entre les trains, ce qui se traduira par une augmentation de la capacité actuelle (jusqu'à 40% ; ERTMS, 2016) sans travaux lourds sur l'infrastructure.

### **Action 2 : Améliorer le réseau conventionnel actuel de Ligne à Grande Vitesse (LGV)**

Si la demande augmente, il faut pouvoir l'absorber. Dans une certaine mesure, cela peut être pris en charge par des trains plus longs et/ou des trains de plus grande capacité, tels que des trains à deux étages et à large fuselage.

Il faut souligner que des investissements accrus dans des capacités de haute qualité permettront de réduire les charges fixes d'entretien des installations et contribueront donc à un système de transport ferroviaire plus compétitif et sûr.

### **Action 3 : Constituer une flotte de trains rapides efficaces en termes de consommation d'énergie et augmenter l'électrification**

L'électrification du système ferroviaire – remplacer le diesel par des moteurs électriques - permet de faire des économies d'énergie et réduire les émissions de GES. Cependant, actuellement seulement 60% des voies européennes sont électrifiées et dans certains pays comme le Royaume-Uni, la République tchèque et la Hongrie, ce ratio est même inférieur. Au sein de l'UE, l'augmentation de l'électrification du réseau ferroviaire pourrait permettre de réduire les émissions de GES de 20 – 40% (Hazeldine et al. 2009). Ce taux dépendra du mix énergétique national. Avec la décarbonation des réseaux d'électricité, ce taux devrait augmenter de manière significative.

La réduction de la consommation d'énergie dans les opérations ferroviaires peut être également atteinte en introduisant des stratégies de conception telles que la réduction de la masse des wagons, l'amélioration du profil aérodynamique des trains, ou encore la récupération d'énergie lors du freinage. Notamment, la consommation nette d'énergie – et donc les émissions de GES – peuvent être réduites de 10 - 30% en intégrant de telles mesure d'efficacité énergétique.



## ACTIONS SUPPLEMENTAIRES

### **Abandonner l'extension et la création de nouveaux aéroports**

Le volume de transport de passagers en avion augmente en Europe tout comme les émissions de GES induites. De tous les modes de transport, l'aviation civile présente l'augmentation la plus importante d'émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1990 (**+ 80% en 2012**). Entre 1995 et 2013, le volume de transport aérien a augmenté de plus de **67% (+3% par an ; EC, 2015)**. Aujourd'hui encore, c'est en Europe le mode de transport qui progresse le plus avec un volume de transport évalué à **583 milliards de p.km<sup>1</sup> en 2013**.

L'optimisation de la fluidité du trafic et les efforts concédés par les constructeurs pour réduire l'intensité carbone du transport aérien ne permettent pas de compenser et encore moins de diminuer les émissions de GES induites tirées vers le haut par le volume croissant du transport aérien<sup>2</sup>.

Pour endiguer les émissions de GES, la limitation de l'offre de mobilité aérienne est un levier à disposition des gouvernements qui se traduit notamment par l'abandon des projets de construction ou d'extension de zones aéroportuaires. Cette mesure contribuerait **à encourager le report modal vers les transports ferroviaires à grande vitesse** de la demande excédentaire non satisfaite par le transport aérien sur les segments courts et moyens courriers (qui constituent l'essentiel du trafic intra européen).

### **Relever le taux d'imposition minimum dans la directive 2003/96/CE portant sur la taxation des produits énergétiques**

L'Europe présente un solde net importateur de l'ordre de 15 milliards de tonnes de carburéacteur en 2013 (Fuels Europe, 2015) ce qui représente un manque à gagner potentiel significatif (Korteland et Faber, 2013). Actuellement, le kérosène bénéficie d'une exemption totale de la part de l'ICAO au motif qu'une partie de sa consommation est réalisée lors de vols internationaux (EC, 2016b). Cependant, selon la directive 2003/96/CE portant sur la taxation des produits énergétiques, les pays européens peuvent taxer le kérosène pour les vols nationaux et intra-européens. Toutefois le taux doit être inférieur à une valeur fixée par la directive (Art. 14.2). Cette limitation doit être significativement relevée, voire supprimée, afin de permettre au transport ferroviaire de gagner en compétitivité relative (par le renchérissement du carburant du transport aérien), et d'encourager le report modal, en cohérence avec l'objectif proposé par ce document.

### **Supprimer les subventions accordées aux compagnies « à bas coût » par les aéroports régionaux**

Comme la Commission européenne l'a rapporté, même si les compagnies « à bas coût » contribuent à l'accessibilité et au développement économique, elles peuvent bénéficier, dans certains cas, d'avantages économiques incompatibles avec les règles de l'UE pour des raisons de distorsion de concurrence. En effet, via des accords contractuels et marketing, les aéroports régionaux facturent aux opérateurs « à bas coût » l'utilisation des infrastructures à un niveau inférieur aux coûts réels. Supprimer ces avantages engendrerait un ajustement à la hausse des coûts de ces compagnies aériennes et un report modal sur le train (EC, 2016b).

### **Audit mobilité**

Mettre en place un « Audit mobilité aérienne interne » au sein des entreprises (nationales, européennes) permettant à ces dernières d'évaluer l'intensité carbone et le coût des déplacements aériens de leurs collaborateurs en Europe. Cet exercice permettra de cartographier les habitudes, les typologies des vols effectués par l'ensemble des collaborateurs et le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub>. Avec une prise en compte dynamique d'un certain nombre de paramètres (temps utile lors du déplacement, coût de travail et frais de déplacements, évolutions des tarifs : aérien/voiture/train, localisation géographique des marchés), les entreprises seront en mesure de mettre en place

<sup>1</sup> « p.km » unité de mesure du transport de passagers déterminé par le produit du nombre de passagers par la distance des trajets effectués

<sup>2</sup> A l'échelle internationale, le niveau d'émissions du secteur aérien est 70% plus élevé aujourd'hui qu'en 2005 (EC, 2016b).

un plan de déplacement interne (réduire le recours au transport aérien, favoriser le train à la place de l'avion, privilégier les réunions virtuelles aux grands déplacements, interdire de personnaliser les miles d'un voyage professionnel) économiquement cohérent tout en réduisant l'empreinte carbone.

## POTENTIEL DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES

Un réseau ferroviaire à grande vitesse prolongée, ainsi que des lignes régionales plus rapides et plus fréquentes introduites sur le réseau conventionnel dans toute l'Europe seraient propres à encourager un report modal de la voiture et l'avion vers le rail. De plus, l'introduction d'une nouvelle offre de mobilité induite par l'amélioration du réseau ferroviaire devrait conduire à une augmentation du volume de passagers transporté par le train, qui est estimée à environ 30% d'ici 2050 (Nelldal et Andersson 2012).

En prenant en compte l'augmentation du volume du trafic de passagers en 2050<sup>3</sup>, l'ensemble des actions proposées permettra de réduire les émissions annuelles de GES du secteur « Transport » de l'UE 28 d'environ **250 MtCO<sub>2</sub>eq/an** versus **2010**.

Les estimations ci-dessus ont été réalisées en prenant compte le mix de production électrique existant (2010). L'hypothèse d'un mix de production à forte pénétration de moyens « décarbonés » en 2050 entraîne des gains d'émissions de GES de l'ordre de **280 MtCO<sub>2</sub>eq /an**.

## CO-BENEFICES

Le train rapide possède l'avantage d'offrir un moyen de transport de grande capacité (volume et rapidité) avec **le plus faible niveau de coûts externes** (voir Figure 9, notamment un faible niveau d'émissions carbone) et **non dépendant au kérosène**.

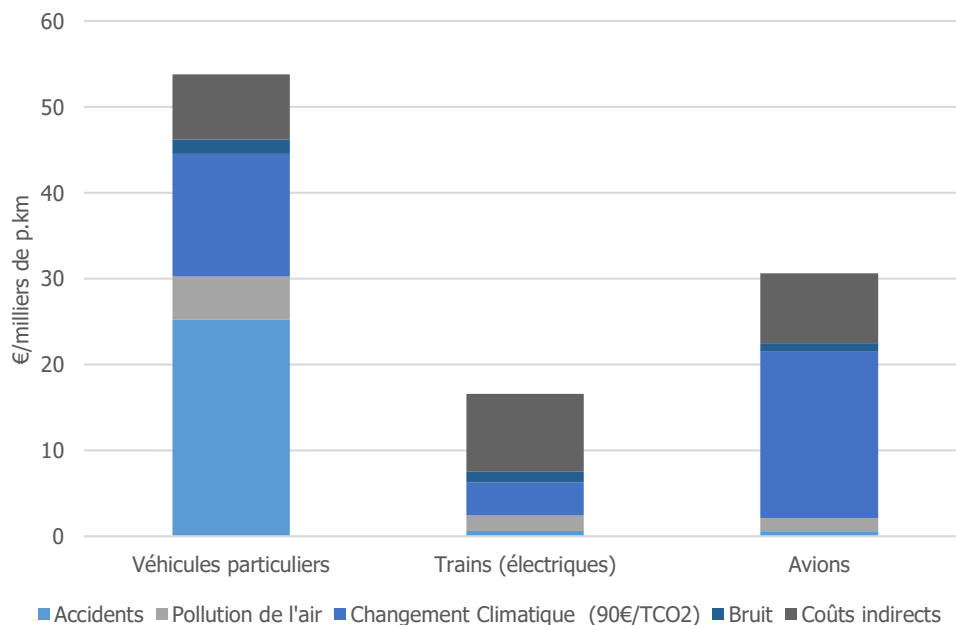


Figure 9 : Coût externe total du transport par différents modes de transport

Source : Korzhenevych et al. (2014)

<sup>3</sup> Voir chapitre chiffrage

Parmi ces coûts externes, on distingue :

- Les coûts externes liés aux **accidents** sont les coûts sociaux (frais médicaux, pertes de production, dommages matériels, etc...) qui ne sont pas couverts par les systèmes d'assurance.
- Les coûts externes de la **pollution atmosphérique** liée au transport surviennent à travers les effets sur la santé de la population, l'environnement, etc.
- Les coûts externes du **changement climatique** sont estimés par rapport aux contributions des émissions de GES liés aux différents types de transport au changement climatique. Le prix du CO<sub>2</sub> est une estimation. A noter qu'en prenant une fourchette plus large (de 25 à 150 €/tonne de CO<sub>2</sub>), l'impact du train sur le changement climatique est largement inférieur à celui des deux autres modes de transport (van Essen et al. 2011).
- L'exposition au **bruit** est non seulement une nuisance mais cela peut aussi entraîner des troubles de la santé et une perte de productivité.
- Les effets indirects dus à la production d'énergie et les infrastructures de transport entraînent des coûts externes supplémentaires évalués dans le terme **des processus en amont et aval**.

Le temps passé dans les transports est un élément majeur qui conditionne le choix modal des déplacements. Or, le train apparaît comme étant le mode de transport permettant le plus de temps « utile » lors du trajet. D'après l'étude de Carbone 4, les deux tiers de la durée totale du voyage en Thalys sont du temps utile - une donnée dont la portée se calcule en centaines d'euros pour les voyageurs d'affaires (Carbone4, 2015).

## INVESTISSEMENTS CUMULATIFS

Le coût moyen en Europe pour la construction d'un kilomètre de la nouvelle ligne à grande vitesse se situe entre 12 et 30 million €, tandis que le maintien de 1 km de la nouvelle ligne à grande vitesse est estimé à 70 000 € par an (UIC, 2010).

L'amélioration des voies ferrées existantes (augmentation de la vitesse du train et de la capacité des lignes) coûterait autour de 720 mds € (Hazeldine et al. 2009).

Le surinvestissement total se concentre sur la réalisation de 30 000 km de voies ferrées à grande vitesse et à l'amélioration des voies ferrées existantes seraient donc compris entre **1 000 et 1 700 mds€** environ, en cumulé sur **2020-2050**.

**Cependant, en prenant toutes les externalités positives induites, le coût du fonctionnement de ces nouvelles lignes de train est complètement remboursé à la société.**

## QUI PAIE QUOI ?

Le montant des financements est significatif au regard du potentiel de réduction des émissions de GES. Cependant, il existe plusieurs fonds européens identifiés par l'UNIFE qui, au nom de l'unification de l'Europe, peuvent être sollicités afin d'accompagner la réalisation de ces projets (UNIFE, 2016) :

- Trans-European Networks program : relier les réseaux de transports Est-Ouest, Nord-Sud de l'UE
- Connecting Europe Facility : promouvoir les interconnexions
- Structural Funds + Cohesion Funds : réduire les disparités régionales
- European Fund for Strategic Investments (EFSI) : mobiliser les investissements stratégiques (infrastructures)

Grâce au report modal de la route vers le train, l'investissement dans le transport routier peut être réduit. Cela peut permettre de financer en partie l'amélioration du réseau ferroviaire.

## REACTION CITOYENS

**Plutôt défavorable** : L'offre de mobilité offerte par les avions « à bas coût » permet aujourd'hui de voyager en Europe à moindre coût. Cependant, le train à grande vitesse, s'il est moins compétitif en matière de prix, permet de voyager avec plus de souplesse et un temps « utile » important.

## REACTION ACTEURS ECONOMIQUES

### Aéroports régionaux

**Défavorable.** Les aéroports régionaux seront les premiers pénalisés par un report modal de l'avion vers le train, puisque c'est le but de l'opération.

### Opérateurs aériens

**Plutôt défavorable.** Les compagnies aériennes « à bas coût » seront inévitablement touchées. En revanche, les compagnies opérant principalement sur des vols long-courriers ne seront que peu impactées par ces mesures.

### Constructeurs d'avions

**Indifférent.** Le trafic concerné est marginal face au long courrier et au moyen-courrier dans les grands continents (Amérique du Nord, Chine), et par ailleurs le temps de construction des infrastructures ne condamnent pas les liaisons aériennes à très court terme.

### Opérateurs de réseaux ferroviaires

**Favorable.** Les opérateurs de réseaux ferroviaires devraient être favorables du fait du volume additionnel de passagers qui seront transportés dans les infrastructures.

### Constructeurs de trains rapides et équipementiers des constructeurs

**Favorable.** Afin d'assurer le transport du volume additionnel de passagers de nouveaux trains rapides seront requis. C'est évidemment de nouvelles opportunités pour les entreprises qui conçoivent et réalisent wagons et trains.

## CHIFFRAGE

### Estimation du volume du transport en 2050

Deux scénarios ont été définis à partir des données extraites de l'agence européenne pour l'environnement (EEA) ;

- **Un scénario de référence 2050** (Business As Usual – BAU) : ce scénario provient d'une extrapolation des tendances actuelles (2005 - 2014) et suppose sur une augmentation du transport passager en volume de 15% (+7% pour le transport de passagers par voiture, +51% pour le transport ferroviaire, +47% pour le transport aérien national et intra-européen) absorbée essentiellement par le transport ferroviaire et aérien<sup>4</sup>.
- **Un scénario 2050 prenant en compte un report modal vers le transport ferroviaire** : ce scénario inclut l'application des mesures présentées ci-avant et porte à 33% la part modale du transport ferroviaire

---

<sup>4</sup> L'hypothèse d'une augmentation relativement faible du transport routier (+0,2%/an entre 2010 et 2050) est le résultat de l'extrapolation de la tendance actuelle (2005 – 2010) et liée à la saturation du marché automobile dans nombreux pays de l'UE, à l'augmentation supposée du coût des carburants et au vieillissement de la population.

en 2050 (Van Essen et al., 2011 ; Nelldal et Andersson, 2012) en prenant en compte l'augmentation du volume des passagers (15%) du scénario BAU<sup>5</sup>.

	2010	2050 BAU	2050 report modal
<i>Milliard de passager.km</i>			
Réseau automobile	4 726	5 054	3 831
Réseau ferroviaire	405	613	2 155 <sup>6</sup>
Réseau aérien	538	789	531
<b>Total</b>	<b>5 670</b>	<b>6 456</b>	<b>6 517</b>

Tableau 2 : Prévisions des flux de passagers

Source: EEA (2016)

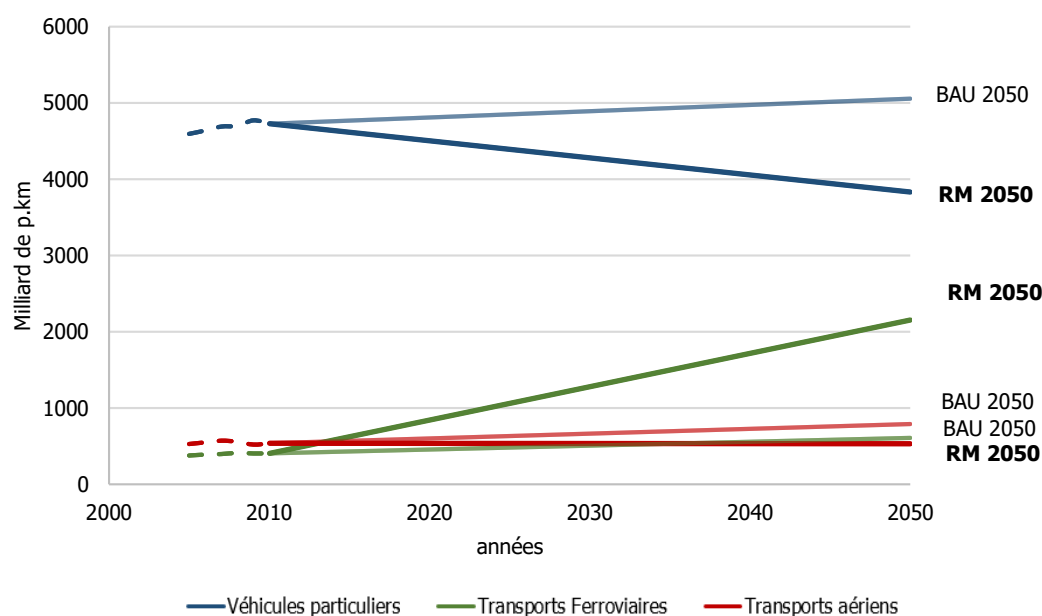


Figure 10 : Flux de passagers estimés selon les deux scénarii étudiés (Report Modal et Business As Usual)

Source : EEA (2016) et Calculs The Shift Project

<sup>5</sup> Le report modal de la route vers le train a été pris en compte pour des distances de plus de 100 km et de l'avion vers le train pour des distances principalement entre 300 et 1000 km.

<sup>6</sup> Nous considérons dans le scénario 2050 report modal un incrément de 10% supplémentaire du transport ferroviaire lié au développement de nouveaux trajets.

## Estimation des émissions de GES du transport en 2050

Les émissions de GES ont été calculées pour chaque type de transport à partir du volume et des émissions moyennes par passagers-km :

$$\frac{CO_2}{an} = \frac{p.km}{an} * \left( \frac{gCO_2}{p.km} \right) * 10^9$$

Emissions de GES	2010	2050	2010	2050 BAU	2050 avec report modal
	<i>g CO<sub>2</sub>eq/pkm</i>	<i>g CO<sub>2</sub>eq/pkm</i>	<i>Mt CO<sub>2</sub>eq</i>	<i>Mt CO<sub>2</sub>eq</i>	<i>Mt CO<sub>2</sub>eq</i>
Réseau automobile	132	98	624	495	375
Réseau ferroviaire	48	21 <sup>7</sup>	19	13	45
Réseau aérien	140	82	75	65	44
<b>Total</b>			<b>719</b>	<b>573</b>	<b>464</b>

Tableau 3 : Valeurs des paramètres retenus et estimations des gains d'émissions de GES

Source : Nelldal et Andersson (2012) et calculs The Shift Project

**NB** : Les empreintes carbone de chaque type de transport sont des moyennes incluant également les émissions indirectes pour les modes électriques. Il y a un potentiel technique (hors potentiel de décarbonation du mix énergétique) important pour réduire les émissions dans chaque type de transport (de l'ordre de 25-55%) ce qui a été pris en compte dans les deux scénarios 2050 et se reflète dans la baisse des émissions unitaires de GES. Les hypothèses d'utilisation des biocarburants ou un mix énergétique à faibles émissions pour le train n'ont pas été retenus pour les scénarios 'BAU' et 'report modal'.

<sup>7</sup> Dans le cas d'un mix électrique décarboné, les émissions unitaires du transport ferroviaire sont de l'ordre de 8 gCO<sub>2</sub>eq/pkm

## RÉFÉRENCES

- Baron T., Tuchschnid M., Martinetti G. and Pépion D. (2011), High Speed Rail and Sustainability. Background Report: Methodology and results of carbon footprint analysis, International Union of Railways (UIC), Paris, 2011.
- Carbone 4 (2015). Sustainable Mobility, contributing to a more sustainable transport system. [http://www.carbone4.com/sites/default/files/Thalys%20-%20CP%20ETUDE%20THALYS\\_CARBONE%204.pdf](http://www.carbone4.com/sites/default/files/Thalys%20-%20CP%20ETUDE%20THALYS_CARBONE%204.pdf)
- CER Website (2016). Community of European Railway and Infrastructure Companies. <http://www.cer.be/about-us/who-we-are>
- De Rus G., Barrón I., Campos J., Gagnepain P., Nash C., Ulied A., Vickerman R. (2009). *Economic Analysis of High Speed Rail in Europe*. Fundación BBVA.
- EC (2015). *EU transport in figures – Statistical pocketbook 2015*. European Commission.
- EC (2016a). European Commission Website. <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t>
- EC (2016b). European Commission Website. [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation/index_en.htm)
- EEA greenhouse gas – data viewer. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- ERTMS Website. European Rail Traffic Management System. <http://www.ertms.net/>
- Fuels Europe (2015). *Statistical reports 2015*. Brussels. <https://www.fuelseurope.eu/uploads/Modules/Resourses/fuelseurope-statistical-report-2015.pdf>
- Fuels Europe Website. [Accessed 14 Sep. 2016] <https://www.fuelseurope.eu/knowledge/refining-in-europe/fuelling-the-eu/transport-2/air-transport>
- Hazeldine T., Pridmore A., Nelissen D., Hulskotte J. (2009). *Technical Options to reduce GHG for non-Road Transport Modes. Paper 3*. Produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc.
- Jansson K., Nelldal B-L. (2010). *High-speed train in Sweden – a good idea?* 12<sup>th</sup> World Conference on Trade Research Society.
- Korzhenevych A., Dehnen N., Bröcker J., Holtkamp M., Meier H., Gibson G., Varma A., Cox V. (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport*. Report by RICARDO-AEA for the European Commission.
- Korteland, M., Faber, J., (2013). *Estimated revenues of VAT and fuel tax on aviation*. Delft, CE Delft.
- Nelldal B-L., Andersson E. (2012). *Mode Shift as a Measure to Reduce Greenhouse Gas Emissions*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (48), 3187 – 3197.
- Schäfer et al. (2011). TOSCA Project Final Report: Description of the Main S&T Results/Foregrounds. Technology Opportunities and Strategies towards Climate friendly transport (TOSCA).
- UNIFE Website. <http://www.unife.org/topics/21.html>
- UIC (2014), *International Railway Statistics 2014*, Statistics Centre of the International Union of Railways, Paris.



UIC (2010). *High speed rail: Fast track to sustainable mobility*. International Union of Railways (UIC), Paris.

Van Essen H., Schrotten A., Otten M., Sutter D., Schreyer C., Zandonella R., Maibach M., Doll C. (2011). *External Costs of Transport in Europe – Update Study for 2008*. CE Delft.

Van Essen H., Rijke X., Verbraak G., Quak H., Wilmink I. (2009). *EU Transport GHG: Routes to 2050? – Modal split and decoupling options; Paper 5*. Paper produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology.

Zimmer, W., Schmied, M. (2008). *Potentials for a modal shift from road to rail and ship - A methodological approach*. ETC/ACC Technical Paper 2008/18. European Topic Centre on Air and Climate Change.