



# Les émissions de gaz à effet de serre : un atout décisif pour le rail ?

Le rail est un moyen de transport globalement faiblement émetteur de gaz à effet de serre. Il dispose également de nombreuses possibilités d'amélioration de son efficacité énergétique et de diminution de ses émissions (électrification). Il est donc tentant de lui prédire un avenir radieux, mais comme le montre cette fiche, la réalité est plus nuancée...

rédacteur principal • L'ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE CLIMATE CHANGE •

## SOMMAIRE .....

### 1 • ÉTAT DES LIEUX

### 2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

- Le transport ferroviaire peu émetteur au regard de ses capacités de charge
- Les perspectives du transport ferroviaire s'alimentent des objectifs nationaux de baisse des émissions carbone

### 3 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

- Engagements des institutions représentantes du secteur ferroviaire
- Les acteurs économiques privés intensifient leurs recours aux services ferroviaires
- Initiatives des compagnies ferroviaires

### 4 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

- Les infrastructures, les installations et le matériel roulant
  - Le potentiel de décarbonation de l'énergie de traction
  - L'amélioration des systèmes auxiliaires
  - Gestion de l'énergie par des systèmes intelligents
-



## 1 • ÉTAT DES LIEUX

Le transport ferroviaire est un secteur englobant de multiples modes de déplacements urbains (rames électrifiées ou non, tramways, métros, ...), de déplacements moyennes et longues distances (trains régionaux ou à grande vitesse), tout autant que les déplacements de marchandises (fret). Depuis les premiers essais d'une locomotive à vapeur en 1804 au Pays de Galles, le développement des infrastructures ferroviaires dans le monde a été très inégal en fonction des pays, mais également dans le temps.

**Dans le contexte actuel marqué par la préoccupation de la lutte contre le changement climatique, les avantages du rail sont principalement de quatre ordres.** Tout d'abord, sa capacité à assurer des transports de masse permet des économies d'échelle réduisant la consommation énergétique et les émissions par unité transportée. Ensuite, la possibilité de recourir à l'énergie électrique donne aux énergies décarbonées et renouvelables une place importante pour l'avenir du secteur. Par ailleurs, une connexion permanente au réseau électrique permet, d'une part, de récupérer l'énergie du freinage, et d'autre part d'optimiser l'utilisation de l'énergie du réseau, voire de contribuer à la résilience de ce dernier. Enfin, l'accès à la grande vitesse permet de prendre des parts de marché sur des moyens de transport moins efficaces énergétiquement et plus polluants comme le transport aérien, par exemple.

Toutefois, les handicaps majeurs du chemin de fer résident encore dans l'ampleur des investissements nécessaires à réaliser, notamment pour les infrastructures, et dans l'incapacité de ce mode de transport à acheminer complètement à destination les biens et les personnes en zone peu dense : il ne gère pas les derniers kilomètres et manque de souplesse en matière d'ajustement des déplacements. Ces handicaps ont pris de l'importance au fil du temps, les zones rurales voyant leur population diminuer, alors même que les coûts des infrastructures et des investissements opérés croissaient en raison de l'expansion urbaine ou d'évolutions techniques (développement du train à grande vitesse par exemple). **Globalement le rail a ainsi perdu du terrain dans la plupart des pays.**

**Parmi les pays anciennement industrialisés, certains ont conservé et développé le transport de passagers intra et interurbain, même si tous ont adopté massivement l'automobile ; selon les cas, le fret a plus ou moins bien résisté au transport routier.** Certains grands pays émergents (Chine, Inde...) ont un réseau ferré considérable, parfois hérité de l'époque coloniale, d'autres non (Brésil). Dans de nombreux pays en voie de développement, le réseau ferré laissé par la colonisation est longtemps tombé en déshérence (Éthiopie), parfois des pays colonisés anciennement précurseurs, comme le Mexique, ont eux aussi totalement abandonné leurs infrastructures au profit du tout routier. Dans certains autres pays émergents, des lignes dédiées à des transports particuliers ont été créées (Mauritanie) et des investissements nouveaux participent aujourd'hui à la rénovation de certaines lignes (Addis-Abeba, Djibouti, Nairobi).

La fiche présentée ici tente à la fois de prendre en compte cette extrême diversité et se concentre sur les dimensions spatiales et les évolutions prometteuses en termes de décarbonation.

## 2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

### • LE TRANSPORT FERROVIAIRE PEU ÉMETTEUR AU REGARD DE SES CAPACITÉS DE CHARGE

Alors qu'en 2015 les transports rendaient compte de 24,7% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> et de 28,8% de l'énergie finale consommée, le transport ferroviaire était responsable de 4,2% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> du transport et de 1,9% de sa demande d'énergie finale. La même année, il représentait 6,7% des passagers kilomètres et 6,9% du fret mondial (tonnes kilomètres).

**De 2005 à 2015 les émissions de CO<sub>2</sub> du transport ferroviaire, par passager kilomètre, ont diminué de 21,7% et les émissions à la tonne kilomètre pour le fret de 19% (IEA & UIC, 2017, p.18).** En 2015, les quatre premiers émetteurs étaient la Chine (43,8%), la Russie (10,4%), l'Union Européenne (8%), et l'Inde (7,7%) (cf. figure 1).

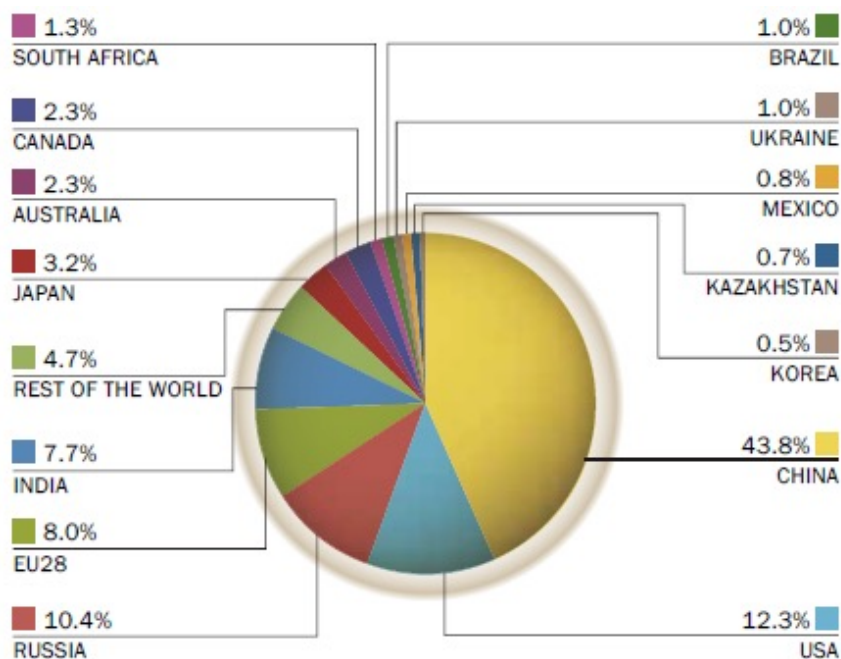


FIGURE 1. LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DU TRANSPORT FERROVIAIRE PAR PAYS EN 2015.

Source : Railway Handbook. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions, IEA & UIC, 2017, p22.

Sur les deux dernières années (2015-2017) la part du transport ferroviaire dans les émissions mondiales est orientée à la baisse pour la Chine (-3%) et à la hausse pour l'Inde (+7%) et reste comparativement stable pour les USA et l'Europe (Source Enerdata).

**Le transport ferroviaire émet peu de gaz à effet de serre au regard de sa contribution en volume au transport de passagers ou de marchandises. En Europe, la contribution du secteur est inférieure à 1,5% des émissions totales du transport, alors que sa part modale est de 8,5% (CER & UIC, 2015, p.3).** La comparaison par rapport aux autres modes de transport paraît favorable au ferroviaire, tant pour le transport de passagers que pour le fret, comme le montrent les graphiques suivants.

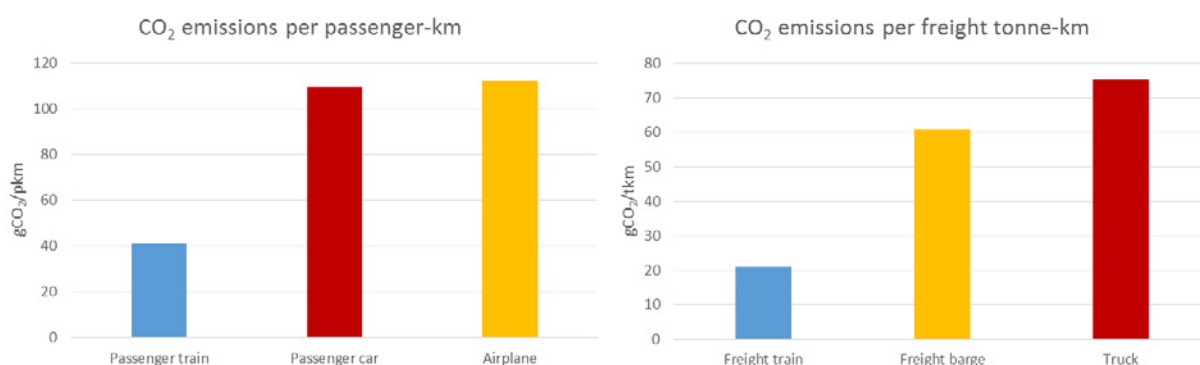


FIGURE 2. LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>, EN PASSAGER/KM ET EN TONNE/KM, PAR MODE DE TRANSPORT EN 2011

Source : (UNIFE & CER, 2016, p.4), d'après les données de l'Agence Européenne de l'Environnement (2013).

L'analyse brute de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées au transport ferroviaire est donc complexe. **Leur augmentation peut paradoxalement apparaître comme une bonne nouvelle, si elle traduit un accroissement du report modal entre la route et le rail, à l'inverse, la baisse des émissions**



n'est pas obligatoirement positive si elle traduit un effondrement du fret ferroviaire. Les baisses des émissions à mettre en avant sont donc liées aux équipements et la motorisation, par exemple, le remplacement du diesel par de l'électricité produite par des sources renouvelables.

• **LES PERSPECTIVES DU TRANSPORT FERROVIAIRE S'ALIMENTENT DES OBJECTIFS NATIONAUX DE BAISSÉ DES ÉMISSIONS CARBONE** •

Face au constat de performances du transport ferroviaire du point de vue des ratios charge/émissions, de nombreux États et organismes nationaux font le pari du rail afin de tenter de tenir les objectifs généraux de baisse des émissions carbone sur leurs territoires. Tant et si bien que l'avenir du rail semble se nourrir des perspectives que les prises de positions des États laissent entrevoir quant au développement du secteur.

En Inde, un travail sur la décarbonation du rail à l'horizon 2030 examine les conséquences d'une forte électrification, faisant appel aux énergies solaires et éoliennes afin d'alimenter le réseau. Les scénarios réalisés par les autorités indiennes concluent alors que la décarbonation permet des économies, par rapport à un scénario sans décarbonation, de 17% dans le secteur du point de vue de l'énergie de traction et de 33% sur tous les autres besoins énergétiques du ferroviaire.

En France, plusieurs scénarios traitent de la place du transport ferroviaire et de ses émissions en 2050 : la stratégie nationale bas carbone (SNBC) du Commissariat général au développement durable (2016), les "visions" de l'Ademe actualisées en 2017, les scénarios de l'Institut du développement durable des relations internationales (IDDRI) de 2017, le scénario Négawatt de 2017. Les quatre scénarios prévoient une croissance du développement du ferroviaire, de 23% à 102% pour les voyageurs et de 68% à 203% pour le fret, dû à une augmentation de la demande et/ou à la progression de la part modale du rail. Les scénarios qui tablent sur une augmentation des parts modales (passage de 10 à 25% pour l'Ademe et à 40% pour Négawatt) supposent un maillage serré du territoire adossé, y compris pour les lignes régionales, à une sortie du diesel. D'autres scénarios misent sur des substitutions d'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire les émissions. C'est le cas du scénario SNBC et du scénario TECH-first de l'IDDRI. En fonction de l'ambition sur ce report modal et sur les autres évolutions de la demande de transport, les baisses d'émissions du secteur du transport à l'horizon 2050 s'en trouvent plus ou moins importantes : -100% pour négaWatt, -91% pour ADEME, -79% pour TECH-first et -62% pour la stratégie nationale bas carbone (Bigo, 2018).

L'Allemagne soutient, elle aussi, le rail pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique. Le plan d'infrastructure à l'horizon 2030, dévoilé par le ministre fédéral des transports, prévoit un investissement de 270 milliards d'euros, dont environ 40% pour le ferroviaire. Cela permettra à l'Allemagne de s'engager fortement du point de vue des objectifs européens et augmentera la capacité du réseau ferroviaire allemand de 20%, sans nécessiter de création d'infrastructures nouvelles, et 70% du réseau national sera électrifié.

Face à ces espoirs reposant sur les améliorations du transport ferroviaire, les acteurs du secteur ont pris des engagements en termes de réduction de leurs émissions carbone.

## 2 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

Dans la structuration des stratégies industrielles du secteur ferroviaire, l'étroitesse des relations entre les prises de positions et d'initiatives des organismes représentant le secteur (exemple l'International Union of Railways (UIC) au niveau mondial, Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER) et Union des Industries Ferroviaires Européennes (UNIFE) en Europe...) et les objectifs de réduction des émissions actés par les entités politiques, est un facteur que nous proposons ici d'étudier de plus près. **Effectivement, il apparaît que sur de nombreuses initiatives, dont quelques-unes sont présentées ci-après, les organisations du secteur ferroviaire s'approprient les ambitions politiques des états afin d'élaborer leurs propres objectifs et stratégies.**

• **ENGAGEMENTS DES INSTITUTIONS REPRÉSENTANTES DU SECTEUR FERROVIAIRES** • Les intérêts des acteurs du transport ferroviaire sont défendus par plusieurs entités transnationales comme l'Union internationale des chemins de fer (UIC), qui a été fondée en 1922 et compte 240 membres sur cinq continents : compagnies ferroviaires, gérants d'infrastructures, instituts de recherche... Sa mission est de promouvoir le rail au niveau mondial. La Communauté des chemins de fer européen (CER) rassemble, elle, plus de 70 compagnies de chemin de fer, leurs associations nationales, les gestionnaires d'infrastructures et des entreprises de leasing de matériel roulant. Le CER défend, auprès de la commission européenne en particulier, la thèse du transport ferroviaire comme épine dorsale d'un transport durable en Europe. Enfin, l'UNIFE représente l'industrie du rail à Bruxelles depuis 1992. L'organisation rassemble 80 firmes spécialisées dans la conception, la fabrication et l'entretien du rail.

L'UIC en 2014 (UIC, 2014) proposait une stratégie compatible avec l'objectif de +2 °C, fondée sur deux piliers :

• **la consommation d'énergie et l'intensité carbone :**

- réduction de l'énergie finale de 50 % en 2030 (base 1990), de 60 % en 2050 ;
- réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, de 50 % en 2030 et de 75 % en 2050 (base 1990).

• **La répartition modale :**

- part du rail dans les transports de passagers (p.km) : + 50 % en 2030 par rapport à 2010 et + 100 % en 2050 ;
- part du ferroviaire dans le fret terrestre (t.km) : égale à la route en 2030, supérieure à la route de 50 % en 2050.

Afin de tenir ces objectifs, l'UIC s'appuie sur des partenaires privés pour soutenir l'innovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais aussi de partenaires publics, gouvernements et institutions internationales, afin de favoriser le transfert modal en faveur du ferroviaire : investissement dans de nouveaux projets, en particulier le ferroviaire urbain et les corridors pour le fret, internalisation des coûts externes, création d'un contexte favorable pour les investissements privés, urbanisme et usages du sol, aides à l'investissement dans le matériel roulant...

Le CER prend acte, quant à lui, de la volonté de l'Union européenne de réduire ses émissions de 80 à 95 % en 2050 par rapport à 1990, avec pour objectif intermédiaire une réduction de 40 % en 2030 (CER & UIC, 2015). En 2010, les membres du CER (également membres de l'UIC) se sont donc engagés à réduire leurs émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> de 50 % en 2030, par rapport à 1990, puis au-delà à être complètement décarbonés d'ici 2050 (CER & UIC, 2015, p.8). Pour cela, le CER parie sur la poursuite de l'électrification du réseau ferroviaire européen (aujourd'hui seules 60 % des lignes sont électrifiées), le développement des facilitations d'intermodalités aux abords des infrastructures ferroviaires, l'installation de points de charge électrique pour les véhicules individuels aux abords des gares, le tout en appui sur des « Smart Grid » permettant la mutualisation optimisée de l'énergie. Par ailleurs, le CER, en partenariat avec l'UNIFE, association européenne des constructeurs de trains, promeut fortement le développement de la recherche et innovations en appui sur les crédits européens, avec, par exemple, le projet Shift2rail, partenariat public-privé majeur de 920 millions d'euros pour la période 2014-2020 pour l'innovation sur l'efficacité énergétique des matériels roulant (UNIFE & CER, 2016). Les acteurs économiques privés sont donc parties prenantes des démarches d'innovation du secteur ferroviaire mais s'y adossent aussi afin de réguler leurs propres émissions carbone.

• **LES ACTEURS ÉCONOMIQUES PRIVÉS INTENSIFIENT LEUR RECOURS AUX SERVICES FERROVIAIRES** • Le Carbon Disclosure Project (CDP) concentre une partie de ses actions de reporting et d'analyse sur l'impact des chaînes d'approvisionnement dans la lutte contre les émissions de GES. D'après l'organisme, ces dernières « *doivent être au centre des préoccupations des organisations mondiales cherchant à éviter les risques et à tirer parti des opportunités offertes par la construction d'un avenir durable* » (CDP, 2017). A ce titre, le CDP rappelle que, en 2016, la valeur du



pouvoir d'achat combiné des 89 organisations enregistrées sur sa plateforme comme demandant des informations à leurs fournisseurs de maîtrise de leurs émissions (BMW, Johnson & Johnson, Microsoft ou Walmart, par exemple), soit 20% d'augmentation du nombre d'inscrits en 2016, s'élevait à 89 000 milliards de dollars.

---

### ***Le Carbon Disclosure Project – CDP – publie son premier classement des entreprises qui incitent le plus leurs fournisseurs à s'engager dans l'action climatique.***

Les émissions de gaz à effet de serre au sein de la chaîne de fournisseurs des entreprises sont quatre fois plus importantes en moyenne que leurs propres émissions directes. C'est pourquoi la supply chain est de plus en plus souvent considérée comme l'une des sources de réduction des émissions les plus prometteuses dans l'écosystème des acteurs privés. Le CDP a évalué pour la première fois en 2016 le travail effectué par les entreprises auprès de leurs fournisseurs pour les inciter à réduire leurs émissions et à adopter des stratégies climat. Ces acteurs, qui disposent d'une marge de négociation importante compte tenu de leur budget d'achats, ont notamment concentré leurs efforts sur la sensibilisation aux enjeux de développement durable et sur la prise en compte d'indicateurs inspirés du CDP auprès de leurs fournisseurs, comme la transparence ou la quantité d'émissions reportées.

D'après le rapport du CDP, les efforts fournis par 4 366 entreprises pour réduire leurs émissions dans leur supply chain ont permis d'éviter quelque 434 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> sur l'année 2016 chez leurs fournisseurs, soit une économie de 12,4 milliards de dollars. Par ailleurs, les 4 818 projets ont permis des économies quantifiables non négligeables : 36% ont permis d'économiser au moins 100 000 USD, 12% ont réalisé des économies d'un million de dollars ou plus, et moins de 1% des projets ont réalisé des économies d'au moins 100 millions USD. Outre les économies réalisées grâce aux projets de réduction des émissions, les fournisseurs déclarent également des avantages en amont en engageant leurs chaînes d'approvisionnement, ou en aval par le biais d'innovations liées à la commercialisation de produits ou de services à faible émission de carbone. Environ 25% des entreprises porteuses de projets s'attaqueraient directement aux enjeux climatiques en permettant à leurs propres fournisseurs de réduire leurs émissions, ou en augmentant leurs revenus grâce à la vente de produits ou services à faible émission de carbone (économies en énergie, matériaux plus durables pour les produits et les emballages, innovations de procédé permettant de minimiser l'utilisation d'eau et les émissions de carbone).

Source : CDP, 2017.

---

#### ENCADRÉ 1

Parmi ces entreprises, beaucoup incitent leurs partenaires à faire le choix du transport ferroviaire pour le développement de leurs activités. Le groupe Nestlé, visant la réduction de la moitié de ses émissions de CO<sub>2</sub> en Suisse entre 2010 et 2020, s'est engagé, en coopération avec le distributeur Migros, à réduire d'un millier **le nombre de camions utilisés pour le transport de l'eau d'Evian en Suisse. Le nombre de wagons utilisés est ainsi passé de 170 à 700.** Une collaboration avec les chemins de fer suisses est également en cours pour organiser ces transports sans perturber les horaires du réseau. D'autres entreprises, hors partenariat CDP, s'engagent comme Panasonic, qui en 2016, a

modifié la logistique de distribution de ses produits en collaboration avec ses transporteurs dont Mitsui-Soko Logistics Co., Ltd., Japan Freight Railway Company, et Nippon Express Co., Ltd.. **Ceci s'est traduit en 2017 par l'utilisation des infrastructures ferroviaires pour près de 10 000 conteneurs de 5t, réduisant les émissions de CO<sub>2</sub> de presque 5 000 tonnes .**

• **INITIATIVES DES COMPAGNIES FERROVIAIRES** • En février 2018, Eurostar a présenté un plan<sup>5</sup> considéré comme une contribution à l'Accord de Paris : réduction de la consommation d'énergie des trains de 5 % d'ici 2020, programmes d'écoconduite, élimination de toute énergie fossile utilisée d'ici 2030, investissements dans les énergies renouvelables (panneaux solaires). Par ailleurs, au-delà de l'exploitation mécanique des trains, la compagnie s'est engagée à la diminution des émissions indirectes de son exploitation, par la mise en service d'une flotte d'entreprise intégralement composée de véhicules électriques d'ici 2020, la diminution de l'usage des plastiques et des déchets, ou encore la distribution de produits d'alimentation certifiés à bord des trains.

Toujours en Europe, la compagnie allemande Deutsche Bahn envisage d'investir un « montant record » de 9,3 milliards d'euros pour la modernisation, la réparation et l'extension de voies, de gares, de ponts et de tunnels en 2018, a déclaré le chef de l'infrastructure, Ronald Pofalla. Soit une hausse de 9,4 % par rapport à l'année précédente. Parmi les projets phares, citons la modernisation de routes majeures, telles que des liaisons entre les ports du nord de Brême et Hambourg et des villes plus au sud, ainsi que deux lignes traversant la frontière sud-est de l'Allemagne avec l'Autriche. Quelque 700 stations, dont des hubs comme Francfort, la capitale financière occidentale, et l'Allemagne de l'est, bénéficieront également d'interventions pour un montant total de 1,2 milliard d'euros.

---

### **Engagement de la SNCF au Global Climate Action sur le portail NAZCA porté par la CCNUCC (Global Climate Action).**

En 2015, SNCF s'est publiquement engagée à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub>eq de 20 % à horizon 2025 (année de référence 2014). En 2017, SNCF s'est fixé la nouvelle ambition d'améliorer d'ici 2025, la performance carbone de 25 % par voyageur au kilomètre et par tonne de marchandises au kilomètre, avec en particulier la fin des circulations thermiques au plus tard à cette échéance. Dans cette perspective, en 2018, SNCF s'est associée à Alstom pour conduire la première expérimentation TER Hybride en France, en partenariat avec les Régions Grand Est, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie.

SNCF Réseau s'est engagée à réduire de 25 % sa consommation d'énergie et ses émissions de gaz à effet de serre entre 2015 et 2025. Pour y parvenir, plusieurs actions ont été lancées, dont le recours à des émissions obligatoires environnementales. SNCF Réseau finance une partie de ses travaux d'infrastructure par l'émission

de Green Bonds pour répondre aux impératifs de lutte contre le changement climatique et de protection de la biodiversité. Les projets financés par les Green Bonds en 2017 permettront d'éviter près de 5,9 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>eq sur 40 ans, soit l'équivalent de l'empreinte carbone de 12 000 Français sur la même durée. Les priorités stratégiques de SNCF Réseau ont orienté les investissements issus de ses obligations émises en 2017, pour un montant de 1,75 milliard d'euros, vers des opérations de renouvellement et de modernisation du réseau. Conformément à son engagement de devenir une référence sur le marché des Green Bonds, SNCF Réseau a réalisé au total depuis 2016 trois émissions sous format Green Bond, pour un montant total de 2,65 milliards d'euros, devenant ainsi l'un des 15 plus importants émetteurs de Green Bonds (hors Chine onshore) au monde.

Source : SNCF Réseau, 2018.

ENCADRÉ 2

---

5 Cheul-Kyu Lee, et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.



La compagnie de chemins de fer nationaux du Canada s'est engagée en 2018 à réduire ses émissions par tonne-kilomètre de 29% d'ici 2030, par rapport à 2015. Pour cela, elle propose une initiative de 13,5 milliards de dollars, le GO Regional Express Rail (RER), visant à transformer le réseau ferroviaire en offrant un service plus rapide et plus fréquent, avec l'électrification de segments essentiels du réseau, y compris l'Union Pearson (UP) Express. Cela se traduira par un doublement du service en heures de pointe et par un quadruplement du service en heures creuses par rapport au niveau de 2015, le nombre de trajets prévus sur l'ensemble du réseau GO devant passer d'environ 1 500 par semaine à près de 6 000. Metrolinx, autorité organisatrice des transports de la région du Grand Toronto et de Hamilton et le MTO, ministère des transports de l'Ontario, prévoient d'importantes améliorations du réseau ferroviaire sur le GO Transit, notamment des modifications supplémentaires des voies et des ponts sur le réseau, des gares nouvelles et modernisées, des séparations de niveau rail / route et rail / rail, de nouveaux systèmes de contrôle des trains améliorés et de nouveaux systèmes de trains électriques (MTO, 2017).

### 3 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

Bien que le transport ferroviaire soit l'un des moins émetteurs de CO<sub>2</sub>, le potentiel de décarbonation du secteur reste important. Les efforts peuvent se porter sur les infrastructures, les installations et le matériel roulant, l'énergie de traction, les systèmes auxiliaires, ou encore l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la gestion de l'énergie.

• **LES INFRASTRUCTURES, LES INSTALLATIONS ET LE MATÉRIEL ROULANT** • **L'aérodynamisme des trains a également un potentiel intéressant pour la réduction de la consommation d'énergie et des émissions associées** : une amélioration de 25% du coefficient de pénétration dans l'air se traduit par des économies de 15% d'énergie de traction pour l'automotrice à grande vitesse (AGV) d'Alstom, mise en service en 2022, par rapport à un TGV classique. Des réalisations similaires existent par exemple chez Bombardier (Zefiro) ou au Japon pour le Tokaido Shinkansen (série 700) (UIC, 2016, p.33). L'utilisation de nouveaux matériaux permet également de réduire le poids des véhicules. Dans ce domaine, le développement de matériaux composites pour la construction d'un wagon de passagers peut réduire son poids d'environ 20 à 30% ; le potentiel correspondant de réduction de l'énergie traction et des émissions est de l'ordre de 5% (Lucintel, 2017). Selon un rapport publié en février 2017 par le cabinet d'études de marché Lucintel, le marché des applications composites dans l'industrie ferroviaire mondiale devrait atteindre 821 millions de dollars d'ici à 2021, avec un taux de croissance annuel de 3,6%. Des recherches et expérimentations dans ce domaine sont notamment conduites par Alstom, New Rail (UK), Indian railways et en Corée pour l'Express pendulaire<sup>6</sup> (UIC, 2016, p.37). Le train de métro Next Generation du CRRC, Cetrovo, un projet de sa coentreprise avec CG Rail, en Allemagne, a été dévoilé lors du congrès InnoTrans en septembre 2018 à Berlin. La voiture présentée est composée d'environ 70% de structures en fibre de carbone, ce qui représente une réduction de poids de 13 à 14% par rapport à un véhicule de métro classique.

Un certain nombre d'expériences d'utilisation d'énergies renouvelables (solaires, éoliennes) dans les installations fixes, voire sur le matériel roulant, ont aussi été mises en place. En juillet 2018, Ravindra Gupta, membre du conseil d'administration des chemins de fer indiens, a inauguré des wagons intégrant des panneaux solaires servant à faire fonctionner les ventilateurs, l'éclairage et les points de charge mobiles à l'intérieur des trains de voyageurs, notamment sur les lignes Rewari-Sitapur, et prochainement sur le Taj Express et le Shane-Punjab Express. L'Organisation des chemins de fer indiens pour les carburants alternatifs (IROAF) a aussi installé des panneaux solaires sur des trains à unités multiples diesel (DMU) en 2017.

<sup>6</sup> Network Rail (2009) Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK). [http://www.networkrail.co.uk/browse%20documents/rus%20documents/route%20utilisation%20strategies/network/working%20group%204%20-%20electrification%20strategy/networkrus\\_electrification.pdf](http://www.networkrail.co.uk/browse%20documents/rus%20documents/route%20utilisation%20strategies/network/working%20group%204%20-%20electrification%20strategy/networkrus_electrification.pdf)



• **LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION DE L'ÉNERGIE DE TRACTION** • L'énergie de traction représente environ 85% de l'énergie totale consommée par un train en circulation (CER & UIC, 2015, p.15). Dans l'optique d'une diminution des émissions carbone du transport ferroviaire, le principal enjeu est donc de développer l'électrification, représentant une diminution des émissions de 19 à 33%<sup>7</sup> par rapport à l'utilisation de motorisations diesel sur les locomotives. La moitié des lignes ferroviaires européennes sont électrifiées. La Grande-Bretagne est le territoire le moins doté en infrastructures ferroviaires électriques avec seulement 32% de lignes connectées. Toutefois, depuis 2009, un programme d'électrification de lignes en Écosse est en cours avec un objectif de suppression totale des trains fonctionnant au diesel seul à l'horizon 2040. La Suède est le pays européen le plus électrifié avec 84% des lignes de trains concernées. En Asie, 43% du réseau sont électrifiés, 18% en Afrique et 0,5% en Amérique du Nord (CER & UIC, 2015, p.59).

Au global, on estime que l'amélioration du rendement des énergies de traction recèle un potentiel diminution des émissions du secteur de l'ordre de 15%. « Resibloc Rail », développé par l'entreprise ABB, est un transformateur de traction sans huile offrant une efficacité énergétique de 97%, dont les essais de mise en œuvre en Autriche ont pris fin en 2018. Le transformateur réduit les coûts énergétiques de 10% par rapport aux transformateurs traditionnels et peut réduire les émissions de dioxyde de carbone de 38 tonnes par an.

**Afin d'assurer la traction des trains dans les sections non électrifiées, les constructeurs mettent sur le marché des trains hybrides, dotés de nouveaux moteurs utilisant des énergies alternatives, gaz ou hydrogène par exemple.** European Lok Pool (ELP), nouvelle société européenne de location de locomotives spécialisée dans la traction hybride, a annoncé en septembre 2018 avoir reçu une première commande de 10 locomotives Stadler EuroDual, avec une première livraison prévue au second semestre de 2019. La société envisage également d'ajouter à son portefeuille des locomotives de manœuvre bimodales à quatre essieux. Gmeinder, constructeur de locomotives allemand, propose également un modèle hybride équipé d'un moteur Caterpillar et d'une batterie de traction lithium-ion, qui peut utiliser l'électrification sur un troisième rail ou par tête de 750 Vcc. Le producteur d'acier ArcelorMittal, a commandé six unités de ce modèle en 2018. STADLER, constructeur suisse, et Havellian Railway (HVLE), une autorité pakistanaise régionale du transport ferroviaire, ont dévoilé une nouvelle génération de locomotives Eurodual bi-mode à six essieux pouvant être alimentée par un moteur diesel de 2,8 MW ou par une puissance électrique pouvant atteindre 7 MW. HVLE a commandé 10 locomotives Eurodual en 2017, devenant ainsi le client de lancement de la nouvelle plate-forme.

Cependant, le diesel semble avoir encore de beaux jours devant lui. General Electric Transportation a annoncé la signature d'un contrat en 2018 portant sur la fourniture de cinq de ses locomotives diesel PowerHaul (PH) à l'opérateur privé turc Korfez Ulastirma, filiale pour le fret ferroviaire de Tüpras, la plus grande entreprise de raffinage de pétrole de Turquie, chargée du transport des produits pétroliers entre ses raffineries. GE Transportation a par ailleurs dévoilé un nouveau moteur diesel léger à haute vitesse, qui fera ses débuts sur une nouvelle flotte de 300 locomotives de manœuvre qui doivent être livrées à une société ferroviaire kazakhe à partir de 2019. Le moteur devrait offrir une réduction de 5% des coûts de cycle de vie, une amélioration de 5% de l'efficacité énergétique et une réduction de 10% des coûts de maintenance. Enfin, Gmeinder a présenté, en septembre 2018, la variante diesel à deux moteurs de sa locomotive de manœuvre modulaire DE75 BB, conçue pour permettre l'utilisation de diverses configurations de traction. La locomotive à quatre essieux peut être fournie avec deux moteurs diesel Caterpillar de 354 kW.

Autre source non décarbonée, le gaz naturel permet néanmoins de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 30% par rapport au diesel ; cette option intéresse en particulier Renfe, l'Union Pacific Railroad et Russian Railways (RZD) qui en sont au stade de développement de prototypes (UIC, 2016, p.79).

<sup>7</sup> Schaffler. Air conditioner power systems for rail. <http://www.schaffler.com>



## L'hydrogène, énergie d'avenir pour le transport ferroviaire ?

Présentée comme une alternative crédible à l'utilisation des combustibles fossiles, utilisation de l'hydrogène pour le transport ferroviaire fait l'objet de recherches importantes dans divers pays depuis plusieurs années.

Une quinzaine d'ingénieurs travaillent en France sur un projet de train, appelé « Space Train » fonctionnant à l'hydrogène et se déplaçant à deux millimètres du sol grâce à une propulsion sur monorail, avec des moteurs à induction créant un champ magnétique. Les ingénieurs ambitionnent d'atteindre des pointes de 720 km/h qui ferait de ce train le plus rapide au monde, en comparaison du TGV, dont la vitesse moyenne optimale hors exploitation atteint 500 km/h et 574 km/h maximum, et du Maglev japonais, actuel recordman du monde, atteignant le maximum de 603 km/h. Ciblant des lignes interurbaines de 300 km maximum, les premiers tests du Space Train sont prévus fin 2019 ou début 2020 pour une commercialisation en 2025.

Au-delà des recherches en cours pour améliorer le système de combustion et réduire l'impact environnemental, des trains hydrogène ont déjà été mis en service ces dernières années. En octobre 2017, la Chine a mis en service le premier tramway à hydrogène au monde, conçu par la China Railway Rolling Corporation (CRRC) Tangshan Co. Ltd. Le tramway peut être rechargé avec de l'hydrogène en 15 minutes et parcourir 40 km avec une vitesse maximale de 70 km/h. Il dessert une ligne de chemin de fer construite il y a 136 ans à Tangshan, une des premières villes industrielles du pays, et relie plusieurs sites du patrimoine industriel.

Le 16 septembre 2018, le constructeur français Alstom a officialisé la mise en service de deux trains nommés Coradia iLint, les premiers trains mis en service et fonctionnant 100 % à l'hydrogène dans le monde. Ces trains relient les villes de Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde et Buxtehude, situées au nord de l'Allemagne. Atteignant 140 km/h et pouvant parcourir 1 000 kilomètres avec un plein, ce modèle a séduit les compagnies régionales allemandes et d'ici 2021, 14 autres trains devraient être livrés en Basse-Saxe.

En mars 2018, le gouvernement de l'État de Sarawak en Malaisie a proposé que le système de train léger sur rail de Kuching soit alimenté par des piles à combustible à l'hydrogène et qu'il soit achevé d'ici 2024.

ENCADRÉ 3

• **L'AMÉLIORATION DES SYSTÈMES AUXILIAIRES** • Si l'énergie de traction représente 85 % de la consommation finale d'énergie des trains, une part non négligeable de celle-ci tient dans les systèmes auxiliaires à bord (chauffage, climatisation, l'éclairage) ou en dehors des trains. **La réfrigération et le chauffage constituent l'essentiel de la consommation d'énergie auxiliaire à bord d'un train (jusqu'à 80 %). La décarbonation peut provenir essentiellement de l'utilisation de nouveaux réfrigérants plus efficaces, et d'une gestion intelligente des systèmes de chauffage / climatisation**<sup>8</sup>.

Par exemple, à Berlin, l'entreprise Liebherr-Transportation Systems va équiper une des lignes de tramway de la ville de capteurs de CO<sub>2</sub> qui estimeront le nombre de passagers et régleront en conséquence les entrées d'air extérieur ; cela devrait réduire la consommation énergétique de 13 % (UIC, 2016, p.101). Le fournisseur international Thermo-King a présenté en 2018 son nouveau système utilisant le réfrigérant R134A, un réfrigérant au potentiel de réchauffement global (GWP) réduit de plus de 50 %, mais qui conserve les mêmes performances, fiabilité et confort des passagers que

<sup>8</sup> Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

les réfrigérants actuels.

Plus globalement, l'introduction de systèmes récupérateurs d'énergie, permettant aussi de la stocker (volant d'inertie, batterie...) pourrait, elle, réduire la consommation d'énergie d'un train de 10 à 30% environ, et aboutir à une forte diminution de la demande énergétique appelée en pointe (-50%). **Plusieurs industriels ont développé des systèmes utilisant des volants d'inertie et permettant d'économiser jusqu'à 20% d'énergie utilisée lors d'un trajet (UIC, 2016, p.144) : Piller-Powerbridge (Allemagne)<sup>9</sup>, Kinetic Traction (USA), Adif (Espagne)<sup>10</sup>.**

Les gares sont aussi des points sensibles dont la Banque asiatique de développement (BAD) pointe les inefficacités en matière de gestion du chauffage, de la climatisation et de la ventilation. En effet, celle-ci considère que les gares consomment environ 214 kWh/m<sup>2</sup>/an d'électricité quand le reste des bâtiments publics ont une consommation de 114kWh/m<sup>2</sup>/an en moyenne<sup>11</sup>. **À ce titre, l'Inde a étendu son programme d'installation de panneaux solaires aux toits des gares et passages à niveau, pour un objectif total de 1 000 MW d'énergie solaire à exploiter. La gare de Guwahati, l'une des plus importantes de l'Etat d'Assam, tourne, depuis mi-2018, entièrement à l'énergie solaire. Quelque 20 000 voyageurs y transitent chaque jour.** L'ensemble de ses toits ont été équipés de panneaux photovoltaïques d'une puissance de 700 kilowatts, soit suffisamment pour alimenter le réseau ferroviaire et les différents services de la structure, ce qui permet d'économiser environ 21 000 litres de diesel par train ainsi que 67,7 millions de roupies chaque année (environ 85 000 euros) selon Northeast Frontier Railway.

• **GESTION DE L'ÉNERGIE PAR DES SYSTÈMES INTELLIGENTS** • Les potentialités maintenant offertes par l'informatique permettent d'ajuster l'utilisation de l'énergie aux besoins effectifs des engins ferroviaires<sup>12</sup> et de diminuer d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, une amélioration du taux de remplissage des véhicules (système de réservation) peut permettre de l'ordre de 15 à 17% d'économie d'énergie. Une amélioration des modes de conduite, assistés ou non par ordinateur, permettrait quant à elle de minimiser le freinage et les accélérations avec une économie d'énergie pouvant atteindre 20% de l'énergie de traction. **L'assistance par ordinateur réduirait ainsi de 30% les besoins de freinage, ce qui se traduirait par une amélioration de 10% de la ponctualité (UIC, 2016, p.134). Enfin, le recours à des réseaux électriques intelligents permet de mieux contrôler les puissances appelées par les trains en circulation ou de la réduire sur un segment de parcours.** C'est le cas, par exemple, au Japon (East Japan Railway Co.). Le projet Merlin (2012-2015), mené dans le cadre des projets financés par l'Union Européenne, a permis quant à lui d'examiner la faisabilité des systèmes de gestion intégrée de l'électricité dans les réseaux ferrés européens, en particulier sur les grandes lignes.

## CONCLUSION

**Ce tour d'horizon, forcément non-exhaustif, des innovations engagées par les acteurs du secteur ferroviaire, souligne le dynamisme d'un secteur convaincu de détenir une part de la réponse pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la mobilité. L'importance de son apport et la rapidité de son déploiement dépendront néanmoins de plusieurs facteurs économiques : sa capacité à mobiliser des investissements suffisants, notamment dans les pays en développement, et sa compétitivité en prix, par rapport au secteur routier pour le fret, en comparaison de la voiture, du car, et de l'avion pour le transport de passager.**

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

<sup>9</sup> Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

<sup>10</sup> Improving energy efficiency and reducing emissions through intelligent railway station buildings. Asian development bank, 2015

<sup>11</sup> Panou, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).

<sup>12</sup> (<http://www.merlin-rail.eu>)

## RÉFÉRENCES

### PUBLICATIONS :

- Bigo Aurélien (2018), le train grand oublié de la transition énergétique ?, the Conversation
- BISWAS, S. et al. (2001). Composite Technology Development and Commercialization – An Indian Initiative. 6th ASEAN Science and Technology Week, Brunei Darussalam, September 2001.
- CAMPUS E. et al. (2017). Use of Composite Materials in Railway Applications". ALSTOM Transport in collaboration with SNCF Direction du Matériel Centre d'Ingenierie du Matériel
- CER, & UIC. (2015). Rail transport and Environment. Bruxelles-Paris.
- CDP. (2017). Missing link : Harnessing the power of purchasing for a sustainable future. Written on behalf of 89 organizations representing US\$2.7 trillion of procurement spend. CDP Supply Chain Report 2016-2017.
- CHEUL-KYU L., et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.
- GUNSELMANN W. et al. (2000). Energiespeichereinsatz im Statbahnnetz Köln. Elektrische Bahnen 98 (2000) z. 11-12. Cologne (Germany).
- IEA, & UIC. (2017). Railway Handbook. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. Paris.
- MTO. (2017). Ontario Minister's Climate Change Action Plan Progress Report 2017.
- NETWORK RAIL. (2009). Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK).
- NEWRAIL. (2004). The Research requirements of the transport sectors to facilitate and increased usage of composite materials. Part III : The Composite Material Research Requirements of the Rail Industry.
- PANOU, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).
- UIC. (2016) Technologies and potential developments for energy efficiency and CO<sub>2</sub> reductions in rail systems. Paris.
- UIC. (2014). Transport. Low carbon rail transport challenge. Action plan. Paper presented at the Climate Summit 2014, UN Headquarters New York.
- UNIFE, & CER. (2016). Rail as a key to decarbonising transport. Brussels.
- WITTHUHN M. et al. (2001). Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

