

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »
Charles Coquebert, *Journal des mines* n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)



Les acteurs du ferroviaire face aux enjeux environnementaux



Notre site



N°120
OCTOBRE 2025

Publiées avec le soutien
de l'*Institut Mines Télécom*



RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN 2271-8052 (en ligne)

ISSN 1268-4783 (imprimé)

Série trimestrielle - N°120 - Octobre 2025

Rédaction

Conseil général de l'Économie (CGE)
Ministère de l'Économie, des Finances
et de la Souveraineté industrielle et numérique
120, rue de Bercy - Télédoc 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales-des-mines.org>

Grégoire Postel-Vinay
Directeur de la publication
et Rédacteur en chef

Alexia Kappelmann
Secrétaire générale

Daniel Boula
Secrétaire général adjoint

Magali Gimon
Assistante de rédaction et Maquettiste

Nuria Gorris
Webmestre et Maquettiste

Publication

Photo de couverture
Viaduc de Cize-Bolozon
© SNCF Réseau médiathèque /
Lionel Flusin / CAPA Pictures

Iconographie
Daniel Boula

Mise en page
Magali Gimon

Impression
Dupliprint Mayenne

Membres du Comité de rédaction

Pierre Couveinhes
Président du Comité de rédaction

Mireille Campana

Fabrice Dambrine

Dominique Dron

Jean-Luc Laurent

Richard Lavergne

Philippe Merle

Michel Pascal

Didier Pillet

Grégoire Postel-Vinay

Anne-Cécile Sigwalt

Claire Tutenuit

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Les acteurs du ferroviaire face aux enjeux environnementaux

05

Éditorial

Jean-Pierre FARANDOU

06

Introduction : les acteurs du ferroviaire face aux enjeux environnementaux

Benoit CHEVALIER et Flora YILMAZ

Le train, un mode de transport écologique

08

Le ferroviaire mondial face à l'enjeu climatique

François DAVENNE

12

Le train : l'engagement de la SNCF pour une offre écologique, confortable et sûre

Charlotte WIATROWSKI

16

L'action du groupe SNCF pour le meilleur service possible sur les « lignes classiques longue distance »

Robert MATHEVET

24

Comment l'Alliance 4F participe à la décarbonation du transport routier de marchandises

Raphaël DOUTREBENTE

27

Maîtriser les externalités environnementales du transport ferroviaire pour augmenter sa durabilité

Pierre de BELLABRE et Sandrine SAMSON

32

Stratégie multiproduit et concurrence intermodale : les nouveaux défis de la grande vitesse ferroviaire

Thierry BLAYAC, Patrice BOUGETTE et Florent LAROCHE

Le ferroviaire doit limiter son propre impact écologique

36

L'économie circulaire au service de l'écosystème ferroviaire

Cyrille BLARD

40

Gestion des impacts du ferroviaire sur la biodiversité

Pierre-Edouard GUILLAIN

43

Les trains à grande vitesse Avelia d'Alstom, entre innovations technologiques et illustration de la responsabilité sociétale du groupe

Véronique ANDRIÈS et Gaku KAWABE

48

La filière industrielle ferroviaire : pilier de l'adaptation et de la décarbonation face au changement climatique

Patrick JEANTET

52

Quelles alternatives au diesel pour les trains régionaux ?

Jeanne-Marie DALBAVIE

Les projets ferroviaires

57

L'intégration de l'environnement dans la conception et la gestion des gares

Marie-Gabrielle REUILLE
et Simon BERGOUNIOUX

61

Le Grand Paris Express : au-delà du projet d'infrastructure, un laboratoire pour la transition écologique

John TANGUY et Abdelfeteh SADOK

65

Enjeux juridiques environnementaux et gestion du risque contentieux dans les projets d'infrastructures ferroviaires

Me Pascale PESSOA
et Me Thomas GARANCHER

69

Le rôle de l'Agence de financement des infrastructures de transport de France pour le ferroviaire

Franck LEROY

L'adaptation au changement climatique

72

La santé et la sécurité des salariés face au changement climatique

Jean-Yves BERTHO

80

Faire face au changement climatique : quelle résilience ?

Nicolas BAUDUCEAU

84

L'adaptation au changement climatique du patrimoine immobilier du groupe SNCF

Franck LIRZIN

88

Pourquoi les rails ne se déforment-ils pas quand il fait trop chaud ?

Benoit CHEVALIER et Michel TRIQUET

Le ferroviaire comme système : un équilibre entre exigences environnementales multiples

92

L'aménagement du territoire, malgré le ferroviaire ou grâce à lui ?

Clément BEAUNE et Maxime GÉRARDIN

96

Les attentes d'une autorité organisatrice de transport ferroviaire en matière d'environnement

Roch BRANCOUR

100

Le train et l'aménagement du territoire

Philippe DURON

105

**Le ferroviaire au service de l'écologie :
la SNCF à l'avant-garde
d'une mobilité durable**

Muriel SIGNORET

109

**Construire des projets de territoire
autour d'un service ferroviaire régional
certes écologique, mais surtout utile**

Bruno MEIGNIEN et Sophie CARIOU

126

**Les nouveaux entrants pour développer
un mode de transport écologique
et vertueux et renforcer un secteur
stratégique pour la France**

Marco CAPOSCIUTTI
et Solène GARCIN-BERSON

114

**Réflexions sur la régénération,
la modernisation et la résilience
du système ferroviaire**

Pierre-Alain ROCHE

130

Traductions des résumés

122

**Protection de l'environnement
et mobilités : quelles perspectives
pour le transport ferroviaire ?**

Yves CROZET

136

Biographies des auteurs

Ce numéro a été coordonné
par Benoit CHEVALIER

Éditorial

Par Jean-Pierre FARANDOU

Président du groupe SNCF au moment de la rédaction de ce numéro

Ces dernières décennies, le progrès technique a nourri une politique d'offre toujours plus vaste pourvoyant la demande en services, confort, vitesse, consommation... Hors de nos considérations, ce progrès a entraîné en réalité une dégradation massive et accélérée de l'environnement. Je me souviens de mes débuts comme ingénieur, nous ne nous posions pas les questions que se posent aujourd'hui de nombreux diplômés sur l'impact environnemental des activités industrielles. De ce point de vue, le monde a changé. Il y a eu le temps des lanceurs d'alerte, puis celui de la prise de conscience collective avant d'en venir au temps de l'action – dans lequel nous sommes – coordonnée et complémentaire des pouvoirs publics et des entreprises pour lutter contre le dérèglement climatique. En Europe, les codes ont changé. La croissance doit être rentable, durable et ancrée dans un nouveau référentiel scientifique qui acte la limite des ressources planétaires. L'économie doit muter, chaque secteur doit se transformer. Mais la ligne de départ n'est pas la même pour tous. Le ferroviaire a une longueur d'avance, et c'est une chance. Les enjeux environnementaux représentent en effet une occasion historique pour le secteur de renforcer sa contribution à l'économie du pays et de confirmer son utilité au service des voyageurs et des territoires. Seul le train peut concilier liberté de se déplacer et maîtrise écologique.

L'alerte des économistes aux pouvoirs publics et aux dirigeants sur le coût plus élevé de l'inaction par rapport au coût de l'action a été entendue. Dans le ferroviaire, la priorité donnée aux investissements en faveur de la régénération du réseau ferré, ou de la mise en œuvre des Services express régionaux métropolitains (SERM) pour désengorger les métropoles sont autant de décisions stratégiques qui prennent en compte cette réalité. Car en creux, se pose une question : quelle offre ferroviaire voulons-nous demain ? Ma réponse est la suivante : une offre modernisée qui permet au train de regagner un rôle structurant dans le système global des transports, lequel compte encore pour plus de 30 % des émissions de GES de la France. Des grands ports d'Europe, à la desserte fine des territoires, en passant par les capitales et les métropoles, le réseau ferroviaire a le pouvoir de dessiner la mobilité de demain des individus et des marchandises, non seulement en France mais aussi en Europe. Afin d'y parvenir, il faudra sécuriser les investissements nécessaires pour enrayer le vieillissement du réseau ferré structurant français, soit 17 000 km de lignes qui concentrent à elles seules 90 % du trafic ferroviaire. Ce n'est pas un débat parmi d'autres, il s'agit d'un combat pour le long terme, un combat largement partagé, dont l'issue conditionne notre capacité collective à développer la mobilité durable. Et de ce point de vue, les perceptions changent aussi.

Dans le même temps, le secteur n'échappe pas aux conséquences des aléas météorologiques sur les infrastructures et le matériel. Le réseau ferré, les gares, les trains sont vulnérables. Face aux phénomènes météorologiques d'une intensité nouvelle, l'ensemble du système ferroviaire doit s'adapter. Si nous ne pouvons éviter les tempêtes, nous pouvons approfondir nos connaissances et anticiper leur impact. Si nous ne pouvons contourner les pics de chaleur, nous pouvons développer des technologies et renforcer des processus qui nous rendent plus forts et plus résilients. Concrètement, cela se traduit par des programmes d'adaptation au réchauffement climatique et par l'intégration de nouvelles compétences. Le groupe SNCF recrute aujourd'hui des écologues et des spécialistes des impacts de la météo tandis que les conducteurs se forment à l'écoconduite. En un mot, les métiers changent.

Le pouvoir du ferroviaire, c'est en outre sa capacité d'entraînement d'autres filières qui sont aujourd'hui confrontées à une crise quasi existentielle. Du charbon au rail en passant par le ballast, le train a lui-même été longtemps dépendant de l'industrie extractive. On parle bien de chemin « de fer ». Aujourd'hui, c'est donc un juste retour des choses que de pouvoir commander des rails durables, 100 % recyclés, et de soutenir ainsi toute la transformation de la sidérurgie française. D'ici fin 2025, 25 % du ballast déposé sur le réseau sera issu du recyclage. L'industrie qui sous-tend l'activité ferroviaire est en train d'opérer une mue spectaculaire, le fer jouant contre le carbone. Au-delà des prouesses techniques, des milliers d'emplois sont sauvés. Nos modèles industriels sont en train de changer.

Pour autant, fidèle à l'esprit des *Annales des Mines*, ce numéro n'est pas fondé sur les certitudes d'un entre-soi par trop sectoriel mais davantage sur la conviction que le ferroviaire n'a jamais été aussi utile dans l'ère de transformation que nous connaissons. Les contributions qui suivent montrent d'ailleurs qu'il est souvent l'impulsion du changement lui-même. Elles expriment toute la détermination des acteurs du secteur, à commencer par le groupe SNCF, à s'engager activement dans la transition écologique qui nous mène au monde de demain, et à en faire une aventure industrielle exceptionnelle au service d'un progrès toujours nécessaire mais désormais bas carbone.

Introduction : les acteurs du ferroviaire face aux enjeux environnementaux

Par Benoit CHEVALIER

Directeur du programme Adaptation au Changement climatique, SNCF Réseau

Et Flora YILMAZ

Chargée de projets, SNCF Réseau

Le ferroviaire est le meilleur ami de l'environnement. Dans un monde tendant vers + 4°C en 2100, il offre une façon écologique pour continuer à se déplacer, à condition d'être lui-même respectueux de l'environnement et adapté au changement climatique, au service de toutes les parties prenantes.

Le train est un mode de transport écologique. Moins polluant que la voiture ou l'avion, il consomme peu d'énergie, roule pour l'essentiel à l'électricité (décarbonée à 95 % en 2024) et occupe moins d'espace que la route. Sur le papier, c'est un atout pour la transition écologique, mais pourtant, ce n'est pas suffisant.

Le monde d'aujourd'hui change vite. Le climat se dérègle, les attentes montent et les moyens publics ne suivent pas toujours. Le ferroviaire, même avec ses qualités, ne peut plus se contenter d'être le pire des modes à l'exception de tous les autres. Il doit faire mieux. Beaucoup mieux. Et surtout, il doit le montrer. Il doit s'adapter à un climat plus instable, répondre à des besoins toujours plus variés, faire face à la pression, tenir la cadence. Et ça, sans perdre ce qui fait sa force.

C'est justement de cela qu'il s'agit. Le ferroviaire ne cherche plus seulement à vendre du rêve. Il doit montrer ce qu'il fait, il doit être transparent sur ce qui bloque, sur ce qui coince. Et surtout, laisser la parole à ceux qui le font vivre : sur le terrain, dans les bureaux d'études, dans les collectivités, dans les entreprises...

La première partie du numéro que vous avez entre vos mains « Le train, un mode de transport écologique » est là pour rappeler les fondamentaux : le train est une solution écologique. Mais encore faut-il que les clients le choisissent, que les offres soient attrayantes, les prix cohérents, les alternatives moins intéressantes. Le transport ferroviaire reste en fin de compte une écologie qui dépend des choix individuels et des politiques des entreprises.

La deuxième partie « Le ferroviaire doit limiter son propre impact écologique » change de point de vue. Oui, même si le train reste l'un des modes les plus écologiques, il n'est pas sans effets. Construire une ligne, c'est transformer un territoire et consommer des matériaux. L'entretenir, c'est souvent avec des engins diesels. Le secteur en est conscient, et des choses bougent. L'économie circulaire progresse, les pratiques de chantier évoluent, les entreprises cherchent à limiter les atteintes à la biodiversité. Le ferroviaire a cette capacité à se remettre en question, tout en continuant d'avancer. Il peut faire mieux, et il le fait déjà.

La troisième partie « Les projets ferroviaires » entre dans le dur : l'infrastructure. Faire un projet ferroviaire aujourd'hui, c'est une course d'endurance. Tout est plus complexe qu'avant. Les délais s'allongent, les règles traduisent l'exigence croissante de la société française, les recours juridiques sont quasiment systématiques. Intégrer les exigences environnementales est devenu une condition de survie pour les projets. Ce n'est plus une option. Ce n'est pas forcément une mauvaise chose : les contraintes forcent à anticiper, à dialoguer plus tôt avec les acteurs du territoire, à concevoir encore plus intelligemment les projets. Le ferroviaire a une carte à jouer ici, justement parce qu'il est très industriel et intégré, ce qui l'oblige à penser à long terme (un train dure 40 ans, un pont métallique au moins 100 ans).

La quatrième partie « L'adaptation au changement climatique » n'est plus un sujet de prospective. Le dérèglement climatique est déjà présent. Et le réseau en subit déjà les effets : arbres qui tombent sur la voie, talus inondés, caténaires qui se déforment à cause de la chaleur... Le ferroviaire, conçu pour fonctionner en toutes saisons, doit maintenant apprendre à encaisser des chocs qu'il n'avait pas anticipés. Mais il a aussi des atouts : une culture de sécurité forte, un réseau dense, des équipes qui savent surveiller, entretenir et réagir vite. L'adaptation passe par là :

renforcer ce qui existe, moderniser là où c'est nécessaire, ajuster les priorités. Éviter l'ingérable et gérer l'inévitable. À cette condition, le train est capable de tenir la ligne face aux bouleversements à venir.

Enfin, la cinquième et dernière partie « Le ferroviaire comme système » est là pour ouvrir des perspectives. Le ferroviaire, ce n'est pas une série d'objets techniques posés côté à côté. C'est un système, avec ses logiques propres et ses équilibres. Il relie des territoires, structure des aménagements, porte une vision à long terme. Et cette vision, aujourd'hui, doit intégrer les visions de tous les acteurs : l'environnement, la performance, les finances publiques, les attentes locales... Le rail, à condition d'assumer sa complexité, peut devenir un *leader* d'opinion de la société française et un levier majeur de transformation.

Ce numéro ne donne donc pas de leçon. Il montre les résultats déjà acquis, mais aussi les nœuds, les ambitions, les leviers et les angles morts. Il dit simplement : le rail est un pilier de la transition écologique.

Le ferroviaire mondial face à l'enjeu climatique

Par François DAVENNE

Directeur général de l'Union internationale des chemins de fer (UIC)

Le secteur ferroviaire est dans une position paradoxale par rapport aux questions environnementales. Il est une des solutions majeures pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris du fait de sa sobriété, pourtant sa part modale ne croît pas au niveau global, malgré le désir de ferroviaire et, plus largement, de sortir du tout voiture qui imprègne la société.

L'UIC (Union internationale des Chemins de fer) représente la communauté ferroviaire mondiale. Elle regroupe 220 réseaux ferroviaires, assurant la mobilité de 7 milliards de personnes et le transport de marchandises à l'échelle mondiale. L'UIC est connue pour son rôle important en tant que plate-forme technique du secteur. Elle a aussi la responsabilité de porter une vision stratégique et de la promouvoir. À ce titre, l'UIC a défini, avec la diversité de ses membres, une vision pour le futur des transports s'appuyant sur un changement de paradigme où les modes sobres en énergie (ferroviaire, transports publics et mobilités actives) deviendraient le centre de gravité de la mobilité. Faire advenir ce futur suppose cependant de revoir en profondeur les mécanismes de financement actuels qui sont inadaptés à l'urgence climatique.

Le rail, une solution sobre pour décarboner les transports

La sobriété du rail est au cœur de sa contribution à une mobilité décarbonée

Le rail est, de loin, le secteur le moins émetteur en termes de Gaz à effet de serre (GES), mais également un secteur qui a de très faibles externalités négatives. Il bénéficie d'un avantage décisif lié à sa sobriété :

- sobriété énergétique : alors qu'il représente 8 % de l'activité mondiale de transport de passagers et de marchandises (en pkm/tkm¹), le chemin de fer représente 2 % des émissions du secteur des transports ;
- sobriété en termes d'utilisation de l'espace public : que ce soit en zone urbaine ou rurale, l'occupation de l'espace public est minimale et permet aux citoyens de profiter de plus d'espace public avec moins de bruit, moins de pollution, plus de fluidité du trafic et un plus grand niveau de sécurité ;
- sobriété en termes de cycle de vie : la durée de vie d'un véhicule ferroviaire peut aller jusqu'à 40 ans, ce qui minimise la nécessité de réinvestir régulièrement dans des ressources non renouvelables. De plus, il est possible d'améliorer en continu le niveau de service en ne changeant qu'une ou plusieurs parties du système sans avoir à modifier l'ensemble.

À l'inverse d'un certain solutionnisme technologique porteur d'incertitude, le rail est un secteur proposant des solutions matures et prêtes à l'emploi

Le rail est une technologie éprouvée qui peut être déployée de manière prédictible et rapide. Les investissements en Chine dans la grande vitesse avec 50 000 km de lignes installées à la fin 2025, en partant d'une page blanche au début des années 2000, en sont l'illustration. À la suite des analyses de Jean Baptiste Fressoz, la question de la décarbonation ne peut pas être abordée simplement du point de vue d'un progrès technique souhaité. Il suffit ici de penser à la capture carbone dont les effets mettront du temps à se manifester, si cette technologie se développe jamais.

Le mode ferroviaire jouit ici d'un avantage important. En effet, le secteur des transports n'est pas susceptible d'évoluer rapidement vers une baisse substantielle et rapide des émissions en rapport avec les objectifs de l'Accord de Paris par l'effet du seul progrès technique pour deux raisons :

- le paradigme actuel des transports qui repose sur une prédominance du transport routier ne garantit en rien que les problèmes de congestion et de disponibilité des ressources (terres rares, stations de rechargement, etc.) pourront être résolus ;
- à supposer même que les véhicules électriques puissent être qualifiés de neutres en carbone, le taux de renouvellement du parc automobile, y compris pour les pays de l'OCDE, ne garantira pas l'atteinte de l'objectif de neutralité à l'horizon 2050.

¹ Passager-kilomètre et tonne-kilomètre.

Des investissements ciblés dans le ferroviaire et/ou des infrastructures de transport public constituent une solution efficace. En effet, si l'on prend la situation européenne, le secteur ferroviaire qui représente de l'ordre de 8 % du trafic de voyageurs et 17 % du trafic de fret ne contribue qu'à hauteur de 0,5 % aux émissions du secteur des transports. À condition de prendre des solutions modernes, il apparaît donc que 10 % de report modal vers le ferroviaire correspond à une réduction des émissions globales de l'ordre de 9 %, toutes choses égales par ailleurs.

À ce titre, c'est un changement de paradigme qui doit être recherché. L'UIC travaille en étroite collaboration avec l'Union internationale des transports publics (UITP) pour dessiner un futur des transports durable qui pourrait être en mesure de réduire les émissions liées au transport de 59 % d'ici 2050 pour approcher l'objectif des 1,5 degrés.

Une inadaptation structurelle des mécanismes de financement actuels

Le ferroviaire est un secteur dont les infrastructures sont extrêmement coûteuses et pour lequel les signaux prix ne sont pas favorables. En effet, les subventions aux énergies fossiles restent très élevées et des modes concurrents, comme l'aviation, continuent à bénéficier d'exemptions de taxes.

Pourtant, l'ensemble des modèles sociaux économiques continue à donner au ferroviaire une rentabilité économique importante, avant même la prise en compte de ses effets bénéfiques sur le climat.

Une situation d'impasse financière

Traditionnellement, les infrastructures de transport public ont été financées sur fonds publics, au moins pour la partie infrastructure. C'est ainsi que, sauf exception, les réseaux ont pu être créés dans les pays développés et plus récemment en Chine.

Aujourd'hui, le coût socio-économique d'une tonne de carbone supplémentaire est de l'ordre de 187 €² dans les calculs économétriques et la prise en compte des émissions évitées devrait permettre de donner une rentabilité aux projets ferroviaires. Cependant, dans les faits, aucun mécanisme ne traduit cette réalité économique en une réalité financière pour les investisseurs privés ou publics. Le mur d'investissement nécessaire pour mettre en œuvre la transition est énorme, notamment pour le Sud Global.

À titre d'exemple, les pays à revenu faibles et intermédiaires (PFR) disposent d'infrastructures ferroviaires nettement moins développées que les pays à revenu élevé, avec une densité moyenne de réseau

dix fois moindre. L'analyse réalisée par l'UIC en 2023³ montre que si ces pays parvenaient à développer leurs infrastructures ferroviaires pour atteindre le niveau des pays les plus performants, ils pourraient quadrupler la part modale du rail pour la porter à 8 % et éviter au total 1,8 Gt d'émissions de carbone d'ici 2050. Ceci représenterait un investissement de 80 milliards de dollars par an dans le rail jusqu'en 2050.

Le principal défi pour cela consiste à obtenir un financement adéquat et à attirer les investisseurs étrangers.

Quelles solutions pour restaurer une rentabilité financière ?

Les marchés carbone sont considérés comme la solution à ce type de dilemme. La raison pour faire ce choix, plutôt qu'un mécanisme de taxation ou d'interdiction, repose sur le théorème de Coase⁴.

Sa principale implication est d'indiquer que, même en cas de défaillance du marché, l'intervention de l'État ne doit pas forcément être automatique. Il établit donc que la négociation est préférable pour réguler les externalités négatives : le responsable de ces dernières sera incité à payer via un mécanisme de marché, plutôt que de taxer ou d'interdire.

Les marchés carbone existants ciblent les industries les plus émettrices avec un effet très indirect sur le domaine des transports. Il n'existe pas aujourd'hui de liaison institutionnelle évidente. Si l'on prend le cas européen, dont le mécanisme ETS (European Trading System) permet de mettre à la disposition des États européens de l'ordre de 700 milliards d'euro, rien ne flâche explicitement ces crédits vers le développement des infrastructures ferroviaires.

Des pistes de solutions existent mais exigent un fort volontarisme politique

Mécanismes obligatoires et mécanismes optionnels

Aujourd'hui, deux types de mécanismes existent :

- les mécanismes obligatoires : incitations, marché carbone, subventions, comme par exemple les incitations votées par l'État de Californie, qui contribuent pour plus de 50 % au bénéfice de Tesla en Californie ;
- des mécanismes de compensation carbone où les entreprises s'obligent elles-mêmes à investir dans des certificats prouvant que les projets dans lesquels elles ont investi apportent effectivement un gain en termes d'émission. Ces mécanismes peuvent s'inscrire dans un cadre volontaire ou dans le cadre multilatéral de l'article 6 de l'Accord de Paris.

³ « Bridging the rail finance gap », 2023.

⁴ <https://shs.cairn.info/revue-negociations-2022-2-page-159?lang=fr>

² Valeur tutélaire en France en 2025.

Nous ne nous intéresserons pas ici aux mécanismes obligatoires, qui sont pourtant d'une grande importance pour les acteurs du ferroviaire, que ce soit au niveau européen avec ETS ou au niveau mondial avec les débats actuels aux États-Unis autour du financement de la ligne à grande vitesse entre Los Angeles et San Francisco. En effet, au-delà de leur complexité propre, ils sont réservés à un club relativement limité de pays très développés. En tant qu'organisation globale, l'UIC cherche à créer les conditions d'un mécanisme de financement qui puisse répondre aux besoins des pays en développement et plus largement du Sud Global.

Nous nous concentrerons donc sur les compensations carbone qui font en ce moment l'objet de nombreuses discussions dans le cadre des négociations sur l'article 6.4 de l'Accord de Paris qui introduit un mécanisme de crédit (Paris Agreement Credit Mechanism) : un cadre basé sur le marché permettant la génération et l'échange de crédits carbone, qui réduirait de 250 milliards de dollars par an les coûts de mise en œuvre des CDN (Contribution Déterminée au niveau National) pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris.

Ces mécanismes dits ITMO (Internationally Transferred Mitigation Outcomes) sont un nouvel ensemble de dispositions fondées sur le marché et qui visent à remplacer l'ancien système du Mécanisme de développement propre (MDP) défini par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

Une stratégie concrète de mise en œuvre pour un changement de paradigme

Dans ce cadre, la multimodalité doit être pensée depuis le début, notamment au niveau des Objectifs de Développement Durable (ODD). C'est la raison pour laquelle l'UIC développe une campagne pour qu'un objectif de report modal fort soit intégré par les différents pays. Le moment est favorable puisque ces objectifs sont en cours de révision pour la COP 30.

Le mécanisme de financement à mettre en place serait relativement simple. Il consisterait à identifier des projets d'investissement capables de provoquer un report modal vers le transport ferroviaire et le transport public, et de rendre éligible leur financement par des crédits de compensation carbone venant de secteurs difficiles à décarboner dans le cadre de l'article 6 de l'Accord de Paris, avec un prix de la tonne suffisamment élevé (idéalement au-dessus de 40 €).

Cette modalité pour s'acquitter de l'obligation carbone est particulièrement adaptée à une planification écologique. En effet, le processus de labellisation des projets qui pourraient être éligibles à ce type de financement supposerait à l'échelle de chaque pays, ou de chaque ensemble régional, de définir pour l'horizon 2030 deux paramètres fondamentaux pour l'atteinte de l'objectif de baisse des émissions :

- un plan national complet d'investissement qui décrit à la fois les infrastructures nouvelles à réaliser, les matériels nouveaux à mettre en opération et le cas

échéant les programmes d'entretien permettant d'atteindre la qualité de service nécessaire à la réalisation concrète de l'objectif de report modal ;

- en fonction de la position du pays dans la chaîne de production – émetteur ou acheteur de compensations carbone – la définition d'une stratégie pour le pays. À titre d'exemple, la Suisse et le Japon sont en pointe dans l'achat de compensation carbone en participant à des investissements dans des pays qui ont besoin de capitaux pour réaliser leurs investissements structurels dans le domaine des transports publics.

Bien évidemment, un mécanisme de certification est nécessaire, et celui-ci doit être :

- indépendant ;
- capable de prendre en compte une modélisation des effets rebond avec des hypothèses cohérentes avec les autres modes ;
- fondé sur une vision holistique.

La question centrale de l'additionnalité

Pour autant, les crédits carbone ne peuvent être réclamés que pour les nouveaux investissements et non pour les activités utilisant des infrastructures existantes car le concept fondamental d'additionnalité des crédits carbone repose sur l'hypothèse que les investissements n'auraient pas été réalisés en l'absence de financement climatique.

Par conséquent, même si un système ferroviaire réduit les émissions de GES dans le cadre de ses opérations existantes, celles-ci ne sont pas éligibles aux crédits carbone. Seuls les projets d'expansion, de renouvellement ou autres nouveaux investissements entraînant des réductions supplémentaires des émissions sont éligibles.

Une des conditions principales de succès est donc de revisiter ce concept d'additionnalité dans le cadre des négociations de l'article 6.4 de l'Accord de Paris. C'est un présupposé pour traduire les engagements des Contributions Déterminées au niveau National (CDN) en projets rentables et financièrement viables pour les porteurs de projets publics ou privés.

Rendre ces projets viables grâce à un financement supplémentaire permettrait d'accroître l'additionnalité climatique en permettant des réductions d'émissions qui n'auraient pas eu lieu sans un tel soutien. C'est en particulier vrai dans les pays à revenu faible et intermédiaire où de nombreux projets inclus dans les CDN dépendent du soutien international.

L'UIC aux côtés de l'UITP porte ainsi l'ambition de rendre possible une solution financière crédible dans le cadre de l'Accord de Paris pour développer des transports sobres et décarbonés, préparant ainsi un futur désirable.

Bibliographie

- UIC-ALSTOM (2023), "Bridging the rail finance gap", étude réalisée avec Roland Berger et l'Université de Birmingham.
- UIC (2023), "Carbon markets and rail: How to overcome missed opportunities".
- FRESSOZ J.-B. (2024), *Sans transition, une nouvelle histoire de l'énergie*, Seuil.
- ITF (2024), "The future of public transport funding".
- FONDATION JEAN JAURÈS (2022), « Le fer contre le carbone. Doubler la place du train pour une vraie transition climatique », Rapport de Jean-Pierre Farandou.
- COASE R. (2011), "«The problem of social cost» and The Coase theorem: An anniversary celebration", *European Journal of Law and Economics*, 31(1), pp. 1-9, <https://doi.org/10.1007/s10657-010-9200-0>
- PLAVEC M., LAWRENCE M. & BISBEY J. (2024), "Mobilizing climate finance for railways", Washington, DC: World Bank, License: Creative Commons Attribution CC by 3.0.
- UIC/ZEROCA (2024), "Carbon credit opportunities for the rail sector".

Le train : l'engagement de la SNCF pour une offre écologique, confortable et sûre

Par Charlotte WIATROWSKI

SNCF Voyageurs

La SNCF Voyageurs s'est donné pour mission d'être un acteur clé de la réduction de l'impact environnemental du secteur du transport. Elle s'appuie sur les atouts naturels du secteur ferroviaire : un transport mutualisé doté d'une grande efficacité technique et énergétique – une performance constamment améliorée. De plus, les choix stratégiques passés et futurs de la SNCF lui font bénéficier d'une infrastructure permettant d'optimiser la durée de vie du train et de ses composants. Elle dispose de même d'un réseau de fournisseurs largement engagés vers un progrès commun en ce sens et souvent ancrés localement. En complément des développements techniques de son ingénierie, le transporteur mobilise de plus en plus l'innovation participative et les nouveaux outils d'analyse de performance environnementale pour se donner les moyens de ses objectifs.

La mission de SNCF Voyageurs est également d'offrir un service fiable, confortable, de qualité aux voyageurs. Ces missions vont de pair puisque décarboner les transports, en France, c'est avant tout faire préférer le train.

Au cœur des enjeux de la mobilité contemporaine, la SNCF s'engage à proposer aux voyageurs une expérience de transport caractérisée par son exemplarité écologique, son confort et sa sécurité intrinsèque. L'écologie est une valeur de plus en plus centrale au sein de la SNCF et guide les choix stratégiques de l'entreprise, qui s'astreint pour autant à ne pas y sacrifier l'expérience ni la sécurité des voyageurs.

L'efficacité énergétique : un levier majeur de performance environnementale

L'efficacité énergétique du train en fait un moyen de transport par nature très compétitif sur le plan environnemental et notamment des émissions de gaz à effet de serre, comme l'illustre la réglette carbone ci-dessus. Elle repose sur des caractéristiques fondamentales du mode ferroviaire. Le faible coefficient de frottement acier sur acier des roues sur les rails est un avantage structurel. La surface de contact entre la roue et le rail est infime, de l'ordre de quelques centimètres carrés par roue (environ 1 à 2 cm² par roue pour un TGV ou un Régiolis, soit près de 100 fois moins que pour un pneu automobile) [1]. Cette surface de contact extrêmement réduite diminue considérablement l'énergie requise pour le déplacement de la masse du train.

La traînée aérodynamique est également un facteur clé. Pour les trains à grande vitesse, la résistance de l'air augmente avec le carré de la vitesse, rendant l'opti-

misation des formes cruciale. Ces facteurs font de l'efficacité énergétique un atout majeur du train, néanmoins le volume de passagers fait de la SNCF le premier consommateur industriel d'électricité de France. Il est donc particulièrement pertinent d'investir sur les économies d'énergie. Les avancées en matière de *design* ont permis une réduction significative de cette traînée au fil des générations de rames. Par exemple, le nouveau TGV M (TGV du Futur), grâce à un effort conjoint d'Alstom et de la SNCF, est conçu pour une réduction de 20 % de sa consommation d'énergie par rapport aux rames TGV actuelles [2].

Au-delà de ces caractéristiques techniques, les opérateurs ferroviaires mettent en œuvre des technologies pour améliorer l'efficacité opérationnelle. L'écoconduite, par exemple, enseigne aux conducteurs à optimiser l'utilisation de l'énergie *via* l'inertie du train et l'anticipation des phases de freinage/accélération. L'outil Opti-conduite, accessible sur les tablettes des conducteurs, calcule la vitesse optimale en temps réel pour un trajet ponctuel et économie en énergie. Les systèmes de récupération d'énergie au freinage, qui réinjectent l'électricité générée dans le réseau (déjà utilisée sur un quart du réseau en Île-de-France pour un gain énergétique estimé à 6 %), réduisent également la consommation primaire et les pertes. Ces pratiques d'écoconduite ont permis de réaliser une baisse de 5 % de la consommation des trains en 2023, avec un potentiel d'économie de 5 à 10 % de la consommation d'énergie des trains [3]. L'électrification massive du réseau, associée à un mix électrique français majoritairement décarboné

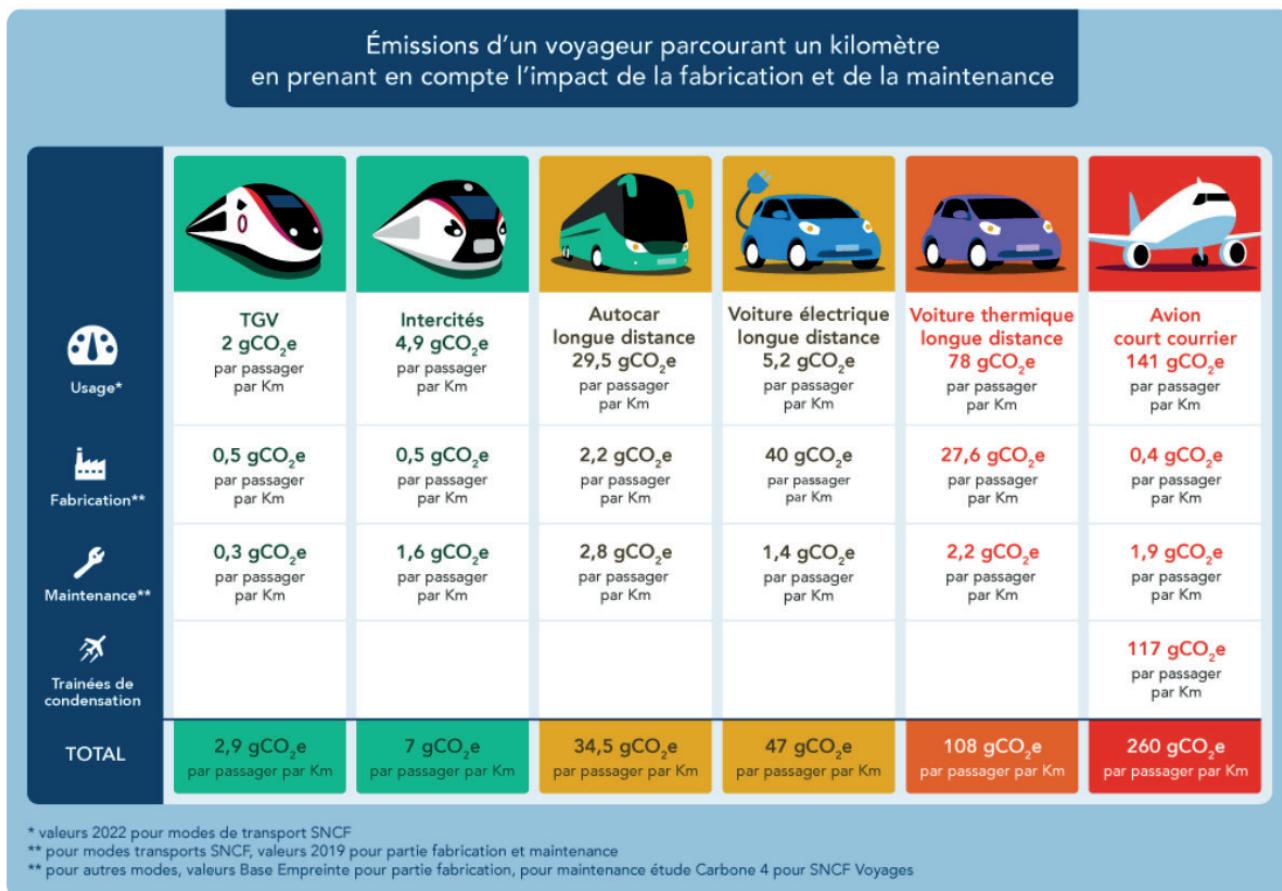


Figure 1 : Réglette carbone complète (Source : Groupe SNCF).

(nucléaire, énergies renouvelables), confère aux trains électriques un avantage environnemental substantiel.

La performance varie selon le mode de traction. Sur les lignes électrifiées, les trains (TGV, Intercités, majorité des TER et Transilien) émettent très peu de CO₂ directement. Un TGV se situe autour de 1,7 g CO₂e par passager-kilomètre, et un RER à 4,75 g CO₂e/km [4].

Cependant, certaines lignes TER ne sont pas électrifiées et utilisent des trains à motorisation thermique (diesel). Bien que leur efficacité ait progressé, leur impact carbone est plus élevé, avec un TER roulant au diesel émettant en moyenne 24,8 g CO₂e par passager-kilomètre. Il est à noter que même un TER diesel reste environ 5 fois moins émetteur qu'une voiture individuelle (qui émet en moyenne environ 111 g CO₂/km pour une personne seule [5]). Ce résultat est d'autant plus pertinent que les TER, bien que parfois sous-remplis en heure creuse, sont dimensionnés pour répondre aux pics de fréquentation et sont essentiels au désenclavement des territoires, permettant ainsi à de nombreux usagers de ne pas dépendre d'une voiture individuelle.

Le diesel, ne représentant que 13 % des trains-kilomètres parcourus par la SNCF, est responsable de 50 % de ses émissions de CO₂ liées à la traction. Pour y remédier, la SNCF explore un éventail de solutions comme les trains hybrides (bi-mode caténaire/batterie), les biocarburants (par exemple, le colza B100 testé sur Paris-Granville réduisant les émissions de 60 %), et les

trains à hydrogène et à batteries, dont les essais ont débuté en 2023 [6].

La capacité d'emport est un autre levier d'efficacité par passager. Un train transportant plus de voyageurs réduit la consommation d'énergie par personne. Le TGV M est conçu pour une augmentation de 20 % de sa capacité d'emport, pouvant accueillir jusqu'à 740 passagers [2]. Cette capacité accrue, combinée à une consommation réduite, diminue significativement l'empreinte carbone par voyageur.

Ces avancées résultent d'un travail d'innovation et de mesure en coopération étroite entre les ingénieurs de la SNCF et leurs fournisseurs. Cette collaboration est cruciale pour le déploiement de solutions performantes.



Figure 2 : Le carénage de TGV composite (Source : Groupe SNCF).

Au-delà de l'énergie : l'empreinte environnementale globale

L'impact environnemental du train ne se limite pas à sa consommation. Une approche globale du cycle de vie est adoptée pour minimiser l'empreinte depuis la conception jusqu'à la fin de vie des rames. Les deux composants les plus impactants, notamment *via* la quantité de matière et l'intensité carbone de leurs matériaux constitutifs, sont les systèmes de roues et axes ainsi que l'aménagement intérieur.

Roues et axes : optimisation des matériaux et maintenance ciblée



Figure 3 : Les essieux (Source : SNCF Voyageurs).

Deux roues et l'axe qui les relient forment un essieu : cet ensemble est le composant crucial par excellence en termes d'empreinte carbone sur le cycle de vie du train. Certains fournisseurs proposent déjà des aciers issus d'un recyclage – parfois même à partir d'anciens essieux – et les autres sont à présent fortement incités à suivre la même voie, conformément aux nouveaux critères d'achat émis. Une autre manière de diminuer l'impact est de prolonger au maximum la durée d'utilisation : de nombreux ateliers sont ainsi consacrés au diagnostic et à la réparation de ces pièces. L'évolution des techniques de diagnostic permettent une amélioration continue de l'économie de matière : ainsi, les tests non destructifs sont largement déployés. La maintenance prédictive, basée sur des capteurs embarqués et l'analyse de données, permet de plus en plus de détecter l'usure au fur et à mesure et donc d'optimiser le degré de réparation nécessaire.

L'aménagement intérieur : écoconception et recyclabilité des matériaux

L'aménagement intérieur des trains est composé de matériaux dont l'impact carbone est moindre en intensité, mais dont la durée de vie est également moindre.

Par ailleurs, les matériaux utilisés sont par nature moins recyclables et posent des questions pour la gestion de la fin de vie. Des démarches d'améliorations sont à l'œuvre depuis plusieurs années, selon les principes classiques de l'éco-conception : par exemple avec des matériaux recyclés, recyclables, biosourcés ou à longue durée de vie. Les composants sont sélectionnés pour leur légèreté afin de réduire la consommation énergétique en mouvement.

Des textiles issus de plastiques recyclés (bouteilles PET) ou de fibres naturelles sont expérimentés. Le bois certifié durable ou les composites à base de fibres végétales sont intégrés. La conception est également prévue pour faciliter la réparabilité, la recyclabilité et le remplacement sélectif. Bien entendu, ces développements sont toujours menés dans une triple optique de réduction de l'impact par voyageur, de préservation de la capacité d'emport et d'amélioration continue du confort des voyageurs.

Au-delà de ces exemples, il est important de noter que la SNCF a opté pour un modèle où la réparation des pièces est largement privilégiée au remplacement par des éléments neufs : ainsi, l'équivalent de 1 500 agents SNCF minimum travaillent en continu à réparer des pièces qui seront remontées dans les rames, du remplacement de composants électroniques sur des cartes au réusinage d'éléments mécaniques structurels. La gestion de la fin de vie des matériaux est également en optimisation constante, avec la création régulière de nouveaux flux de recyclages – voire de réemploi – pour les composés provenant de l'activité de réparation comme du démantèlement des rames.

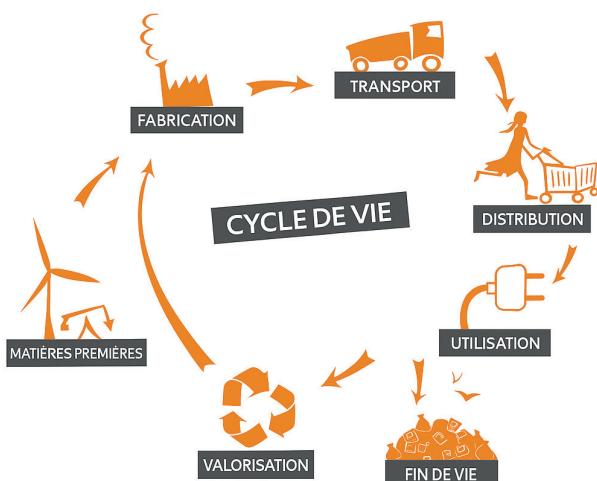


Figure 4 : Schéma du cycle de vie (Source : ADEME).

Le confort à bord : l'expérience voyageur optimisée collectivement dans une optique de sobriété

En lien direct avec la démarche d'écoconception de l'aménagement intérieur, la SNCF vise à concilier confort voyageur et gestion responsable des res-

sources. Des initiatives déployées et à venir visent à mieux capter les attentes des voyageurs et à intégrer les solutions potentielles des acteurs locaux. De plus en plus, SNCF Voyageurs souhaite se rapprocher des associations, étudiants et entrepreneurs dans chaque région *via* des programmes d'innovation participative. Cette approche s'inscrit dans une démarche qui repart du besoin fonctionnel strict du voyageur pour améliorer son expérience à bord, tout en étant le plus sobre possible en énergie et en ressources.

C'est dans ce cadre que les critères habituels d'éco-conception sont actionnés : la sélection de matériaux légers et durables, l'optimisation des consommations énergétiques des équipements à bord (éclairage LED, systèmes de climatisation modernisés), la modularité et la réparabilité des aménagements. Cette démarche d'innovation collective doit également être objectivée par les progrès internes de travaux d'Analyse du Cycle de Vie. Pour un nombre croissant de composants, SNCF Voyageurs travaille à exposer aux futurs clients les conséquences environnementales globales des choix de conception – cela permettra également de sensibiliser les voyageurs et les régions. Il est essentiel de souligner que ces initiatives d'amélioration du confort, avec cette orientation de sobriété, n'ont pas lieu qu'à la conception d'un train neuf. Elles sont également un pilier des rénovations profondes des rames existantes, typiquement après une vingtaine d'années de service, échéance à laquelle la SNCF a pour habitude de réparer les éléments structurels et de moderniser le train pour lui permettre de fonctionner pour deux nouvelles décennies. L'objectif est de rendre le voyage en train non seulement écologique, mais aussi d'en faire un espace où le voyageur se sent bien, peut se reposer, travailler... renforçant ainsi l'attractivité du mode ferroviaire. S'il est important de garder des trains sobres, résilients et économies en énergie, il ne faut en effet jamais perdre de vue que le meilleur levier de décarbonation de la mobilité reste la popularisation du train.

La sécurité ferroviaire : une valeur cardinale et un gage de fiabilité

La sécurité ferroviaire est une valeur cardinale pour la SNCF, un engagement absolu qui imprègne chaque aspect de son activité. Des protocoles rigoureux et des technologies de pointe garantissent la protection des voyageurs, du personnel et des riverains. Cette culture de la sécurité est ancrée à tous les niveaux, de la formation continue des équipes à la maintenance préventive des infrastructures et du matériel.

Le système ferroviaire français figure parmi les plus sûrs d'Europe. L'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer (ERA) indique que la France présente des niveaux de sécurité comparables aux meilleurs pays européens, avec un nombre d'accidents mortels sur le réseau parmi les plus bas : moins de 0,1 accident mortel par milliard de trains-kilomètres pour les usagers du rail en 2022 [7]. Cette performance en matière de sécurité, couplée à un taux de ponctualité à environ 87 %, positionne la SNCF parmi les opérateurs ferroviaires de référence mondiale [8].

Une vision d'avenir pour un transport résolument durable

Le train est un pilier de la transition écologique des transports. Son efficacité énergétique, son approche globale de réduction de l'empreinte environnementale tout au long du cycle de vie, son confort et sa sécurité en font un mode de transport d'avenir. Les innovations continues, tant technologiques que servicielles, renforcent son rôle crucial dans la construction d'une mobilité durable et responsable.

Bibliographie

- [1] SNCF (2022), « Décarbonation du transport ferroviaire : Principes techniques et leviers d'action », Groupe SNCF, <https://www.groupe-sncf.com/fr/engagements/developpement-durable>, consulté le 15 juillet 2025.
- [2] ALSTOM & SNCF VOYAGEURS (2023, 6 octobre), "The future Inoui TGV to reduce energy consumption by 20%", Alstom, <https://www.alstom.com/press-releases-news/2023/10/tgv-m-tests-accelerate-french-national-railway-network>, consulté le 15 juillet 2025.
- [3] SNCF (2023), « Sobriété énergétique : Une stratégie d'optimisation de la consommation d'énergie », Groupe SNCF, <https://www.groupe-sncf.com/fr/engagements/developpement-durable/sobriete-energetique>, consulté le 15 juillet 2025.
- [4] SNCF Connect (2024), « Calculateur d'émissions de CO₂ par trajet », SNCF Voyageurs, <https://www.sncf-connect.com/aide/calcul-des-emissions-de-co2-sur-votre-trajet-en-train>, consulté le 15 juillet 2025.
- [5] ADEME (2023), « Moyennes d'émissions de CO₂ des voitures particulières neuves », Agence de la transition écologique, <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/moyenneEmissionCo2Gamme>, consulté le 15 juillet 2025.
- [6] SNCF (2023), « Le B100, une solution alternative pour décarboner le TER », Groupe SNCF, <https://www.groupe-sncf.com/fr/innovation/decarbonation-trains/ter-biocarburant>, consulté le 15 juillet 2025.
- [7] EUROPEAN UNION AGENCY FOR RAILWAYS (2023), "Safety Overview 2023", ERA, <https://www.era.europa.eu/system/files/2023-03/Safety%20Overview%202023.pdf>, consulté le 15 juillet 2025.
- [8] UIC / INFRAS (2021), "Ecological comparison of transport modes on selected routes", Union Internationale des Chemins de fer, <https://www.tgv-lyria.com/sites/default/files/inline-files/tgv-lyria-infras-carbon-footprint-2020.pdf>, consulté le 15 juillet 2025.

L'action du groupe SNCF pour le meilleur service possible sur les « lignes classiques longue distance »

Par Robert MATHEVET

Coordonnateur des lignes Paris – Orléans – Limoges – Toulouse, Clermont – Paris et Bordeaux – Marseille pour le groupe SNCF

Face aux défis du dérèglement climatique, à l'impératif de décarbonation et à l'enjeu d'aménagement du territoire, l'État et le groupe SNCF déploient une stratégie ambitieuse pour moderniser les « lignes classiques longue distance ». Ces lignes jouent un rôle structurant pour de nombreux territoires non desservis par des lignes ferroviaires à grande vitesse en connectant, grâce aux Trains d'Équilibre du Territoire (TET), des villes métropolitaines moyennes, de plus petites villes et des zones rurales, répondant à des besoins essentiels de mobilité.

Les actions engagées visent trois objectifs principaux : améliorer l'impact économique, social et écologique des TET, adapter les infrastructures ferroviaires aux effets du changement climatique et renforcer l'accessibilité bas-carbone dans les territoires les moins denses. À travers des investissements massifs (près de 3,9 milliards d'euros sur la période 2018-2027 pour les deux lignes Paris – Orléans – Limoges – Toulouse et Clermont – Paris), des innovations techniques (rames Oxygène, recyclage des matériaux de renouvellement des infrastructures, recours à des outils de mesure et d'optimisation de l'empreinte carbone) et une large concertation avec les acteurs locaux, le groupe SNCF entend favoriser et offrir un service de qualité, durable et inclusif, tout en incitant à un report modal depuis la route, l'autocar ou l'avion vers le rail.

Définition des « Lignes classiques longue distance »

Ces lignes souvent plus que centenaires ont été appelées ainsi pour les distinguer des lignes à « grande vitesse » qui ont été construites, en France, à partir des années 1980. Au fur et à mesure du développement du réseau à grande vitesse et du nouvel appétit pour le train sous toutes ses formes et sur tous les territoires, elles sont de moins en moins « classiques » et leur évolution en cours sur les relations longue distance des Trains d'Équilibre du Territoire appelle à s'inspirer dorénavant des meilleurs standards en termes techniques et environnementaux.

attention en particulier sur les « lignes classiques longue distance » qui ont leurs propres caractéristiques et difficultés intrinsèques mais également leurs atouts spécifiques.

De son côté, l'État s'est constitué en Autorité Organisatrice des Trains d'Équilibre du Territoire (TET) depuis une dizaine d'années sur 13 lignes¹ dont la

¹ À la date du 1^{er} janvier 2024 :

- 3 lignes de jour à réservation obligatoire : Paris – Limoges – Toulouse, Paris – Clermont-Ferrand et Bordeaux – Toulouse – Marseille ;
- 4 lignes de jour sans réservation obligatoire : Nantes – Bordeaux, Nantes – Lyon, Toulouse – Bayonne – Hendaye et Clermont-Ferrand – Béziers (« Aubrac ») ;
- 5 lignes de nuit nationales à réservation obligatoire entre Paris et les destinations de : Toulouse – Latour de Carol – Aurillac – Rodez – Albi, Briançon, Cerbère à la frontière espagnole, Nice et Tarbes ;
- sur la partie française uniquement, 1 ligne de nuit internationale à réservation obligatoire à destination de Berlin et Vienne.

Est venue s'ajouter à partir de décembre 2023, une nouvelle relation entre Metz et Lyon qui a vocation à se développer.

Ce statut d'autorité organisatrice signifie que l'État conventionne la desserte de ces trains et décide des lignes, de leurs gares d'arrêt et de la fréquence de passage des trains.

Introduction

Le groupe SNCF agit bien sur l'ensemble des territoires irrigués par le réseau ferroviaire national et porte son

caractéristique principale est, pour la plupart, d'être exploitées sur ces fameuses lignes classiques longue distance.

Une convention d'exploitation des TET a été signée le 17 mars 2022. Elle définit les modalités d'exploitation et de financement du service public des TET, confié par l'État à SNCF Voyageurs (transporteur Intercités) pour la période 2022-2031, traduisant ainsi un engagement fort au service des dessertes des territoires et du développement d'une mobilité qui préserve l'environnement.

Pour l'illustrer, nous allons plus particulièrement parler des lignes Clermont – Paris et Paris – Orléans – Limoges – Toulouse (POLT) qui sont toutes deux concernées. Les TET de jour qui les empruntent desservent de nombreuses agglomérations et petites villes (7 pour Clermont – Paris et 16 pour POLT) tout au long de leurs 400 et 700 km respectifs. Contrairement peut-être aux idées reçues, la fréquentation des trains Intercités qui assurent la mission de TET sur ces 2 lignes connaît une croissance ininterrompue depuis plusieurs années : de + 12 à + 15 % depuis 2019, avec respectivement 1,9 et 2,7 millions de voyageurs en 2024, à mettre en comparaison, par exemple, avec les 4,2 millions de voyageurs Grande Vitesse entre l'Île-de-France et l'Alsace, territoire dont la population desservie (2 millions) est comparable à la différence près qu'elle est concentrée sur 2 départements et que les temps de trajet sont en moyenne moitié moindres.

La nuit, la ligne POLT porte aussi le succès de la desserte des trains de nuit Paris – Toulouse (86 % d'occupation moyenne pour 250 000 voyageurs en 2024) auxquelles il faut ajouter ses antennes vers Aurillac (depuis décembre 2023), Rodez, Albi et au-delà de Toulouse vers l'Andorre.

L'offre de mobilité est en effet essentielle pour accompagner le dynamisme économique et touristique des bassins de vie desservis et apporte une réponse concrète aux besoins spécifiques de déplacement de diverses populations (études et stages, consultations médicales, opportunités professionnelles et développement du télétravail, évolutions du modèle familial...).

Concrètement, en 2018, l'État a tracé, avec l'appui du groupe SNCF et des acteurs locaux, les principales orientations de la modernisation de ces axes à moyen terme via un schéma directeur pour chaque ligne qui, tous les deux, verront leur concrétisation complète avec une nouvelle offre de transport et de service fin 2027 : davantage de trains, plus de confort et un gain de temps de 10 à 25 minutes sur les trajets selon les gares desservies.

Au-delà de l'enjeu très important de l'aménagement du territoire national, ces lignes contribuent également à la décarbonation du transport compte tenu du nombre de territoires desservis : des bassins de population cumulant plus de 3 millions d'habitants le long de POLT et près de 2 millions pour Clermont – Paris sans prendre en compte l'aire toulousaine pour POLT et évidemment l'aire francilienne pour les deux lignes.

Cela étant, ces deux axes sont confrontés assez fortement aux défis du dérèglement climatique selon leur

orientation sud-nord et nécessitent des actions à court terme et une vision prospective à moyen et long terme pour adapter les infrastructures, les trains et les gares à ces différents enjeux.

L'État porte donc les réflexions avec les collectivités et élus des deux lignes, les acteurs économiques, les associations et le groupe SNCF pour répondre à ces enjeux bien au-delà de l'étape de fin 2027.

Ainsi se dégagent trois enjeux majeurs que nous allons détailler et illustrer : d'une part, l'importance des Trains d'Équilibre du Territoire (TET) dans la décarbonation des transports ; d'autre part, l'intégration de ces lignes par le groupe SNCF dans sa stratégie d'adaptation au changement climatique ; enfin, le rôle structurant de ces lignes dans l'aménagement du territoire, qui vient renforcer leur contribution à la transition écologique de notre pays.

L'importance des TET dans la décarbonation des transports

Cela s'inscrit dans la politique générale du groupe SNCF en la matière

Le bilan carbone

Le groupe SNCF met systématiquement en avant le bilan carbone très favorable du monde ferroviaire dans sa communication générale et valorise le choix du train dans les messages d'information aux voyageurs à bord. Le mode ferroviaire est bien le plus économique des moyens de transports collectifs et il l'est particulièrement vis-à-vis de la voiture individuelle : le train consomme en moyenne six fois moins d'énergie que la voiture et quatre fois moins que l'autocar et émet trente fois moins de CO₂ que la voiture et quand même 15 fois moins si la voiture est électrique².

0,6 %, c'est la part des émissions de CO₂ du mode ferroviaire dans le secteur des transports en France

Les autres entreprises ferroviaires opérant en France communiquent également sur ce registre.

L'économie circulaire

Le groupe mise sur l'économie circulaire sur l'ensemble des composantes du mode ferroviaire : travaux de renouvellement et de modernisation des infrastructures, construction et maintenance des trains, modernisation et entretien des gares). Objectif : réduire de 25 % les émissions carbone liées au cycle de vie des matériaux d'ici à 2030.

L'énergie décarbonée

En matière d'énergie, au moins 85 % des déplacements ferroviaires de voyageurs sont réalisés, en volume, avec le mode électrique qui est en France largement décarboné. De plus, l'ambition du groupe SNCF est de couvrir, à l'horizon de 2030, de 15 à 20 % de ses besoins actuels d'électricité en mettant à profit le foncier SNCF pour installer des panneaux solaires à grande échelle.

² Rapport annuel intégré 2024, Groupe SNCF, « Un monde de mobilité durable », mai 2024, page 24.



Figure 1 : Exemple de message joint aux billets des clients de SNCF Voyageurs (Source : SNCF Voyageurs).

Une filiale dédiée, SNCF Renouvelables, a d'ailleurs été créée dans cette perspective en 2023.

Sur les lignes POLT et Paris – Clermont, ces enjeux sont très présents

Le bilan carbone

Il s'améliore encore avec les investissements en cours (régulation de la puissance électrique de la ligne pour favoriser l'optimisation de la consommation des trains, renouvellement des installations techniques de l'infrastructure et des postes d'aiguillage, ...) contribuant à une meilleure ponctualité des trains et de ce fait une meilleure attractivité du mode ferroviaire.

Tout en validant les hypothèses actuelles, le bilan précis sera calculé au lancement de la nouvelle offre TET à la fin de 2027 qui correspondra à l'achèvement de la phase actuelle de modernisation des infrastructures.

Les futures rames Oxygène qui sont en cours de construction par l'entreprise d'origine espagnole CAF disposent d'un système de climatisation évoluée dans le sens où le volume d'air frais est réglé en fonction du taux d'occupation de chaque voiture. Le refroidissement de leur chaîne de traction est également totalement assuré en ventilation naturelle, évitant la consommation d'énergie de la ventilation forcée.

Le train, un mode de transport écologique

L'économie circulaire

Les deux plus gros chantiers de SNCF Réseau

En 2025, les deux plus gros chantiers de SNCF Réseau pour le renouvellement des voies sont sur POLT et Clermont – Paris :

- 56 km de voie renouvelés dans la Nièvre entre Cosne-sur-Loire et Nevers (106 M€) : 100 % de matériaux recyclés (1 900 tonnes d'acier, traverses en béton, petits matériels...), 100 % du ballast réutilisé (50 % du ballast réinjectés directement dans la voie et 50 % recyclés dans les filières de travaux publics) ;
- 70 km de voie renouvelés dans le Loiret entre Boisseaux et Fleury-les-Aubrais (133 M€) :
 - les rails neufs arrivent par train jusqu'au chantier. Afin que leur production émette moins de CO₂, les rails employés sont issus d'acier revalorisé dans des filières spécialisées. En tout, ce sont 6 000 tonnes de rails neufs qui seront posées et autant qui seront recyclées dans une aciérie française ultramoderne (Ascoval dans le département du Nord) pour produire de nouveaux rails neufs.
 - 50 000 tonnes de ballast (plus de 40 % du besoin) seront retraitées et réemployées immédiatement sur le chantier diminuant d'autant l'apport en ballast neuf.
 - 112 000 traverses en béton armé seront déposées et recyclées après concassage.

La mise en place de nouvelles rames

Concernant les nouvelles rames Oxygène qui équipieront les TET des deux lignes en 2027, 93 % des matériaux qui entrent dans leur fabrication sont recyclables³.

En matière d'énergie décarbonée, les deux lignes sont entièrement électrifiées

POLT par tronçons successifs de 1926 à 1943 et Clermont – Paris achevée entre 1988-1990 pour sa partie sud en deçà de Montargis (Loiret).

À noter également l'électrification de la section de ligne entre Vierzon (POLT) et Saincaize (Clermont – Paris) achevée en 2011 qui permet désormais de disposer d'un itinéraire de déviation en cas d'incident interrompant la circulation des trains sur la partie nord de l'une ou l'autre ligne, ce qui contribue à la résilience de l'exploitation (derniers exemples en date en 2025 avec la chute d'arbres au passage de vents violents sur la partie nord de la ligne Clermont - Paris).

Dans les deux cas, des travaux de modernisation de l'alimentation électrique sont en cours pour optimiser la puissance électrique délivrée et permettre de diminuer les temps de parcours à l'arrivée des nouveaux trains. Sur POLT, les plus anciennes caténaires sont renouvelées par campagnes successives.

L'étude d'impact environnemental

Conformément à la loi, SNCF Réseau a soumis un dossier à l'Autorité environnementale sur le projet de

³ Le nouveau TGV Inoui (projet TGV M) fait encore mieux avec 97 % de composants recyclables, ce qui n'enlève rien à la performance de CAF sur les rames Oxygène.

modernisation des deux lignes consistant principalement au renforcement de l'alimentation électrique et à de petits relèvements de la vitesse maximale sur certains secteurs limités :

- Sur POLT : l'Autorité environnementale a émis un avis favorable en janvier 2024, ce qui a permis de commencer les travaux prévus dès cette année-là avec le traitement des caténaires dans les zones les plus sensibles aux fortes chaleurs dans le sud de l'Île-de-France.
- Sur Clermont – Paris : l'Autorité environnementale a demandé une étude complémentaire pour alimenter le dossier de l'enquête publique qui s'est déroulée au printemps 2025 et a donné lieu à un avis favorable des commissaires enquêteurs sous réserve de quelques actions que SNCF Réseau a mises en œuvre depuis lors. Ces mesures complémentaires portent principalement sur la gestion hydraulique en cas de crue de la Loire près de Cosne-sur-Loire, l'intégration paysagère des installations nouvelles, la mesure du niveau de bruit réel le long des voies après travaux à l'entrée de la gare de Clermont-Ferrand. Le projet a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique à l'été 2025, permettant le lancement des travaux dès l'automne.

L'intégration de ces lignes par le groupe SNCF dans sa stratégie d'adaptation au changement climatique

L'adaptation au changement climatique doit contribuer à garantir la pérennité des 28 000 km de lignes du réseau ferroviaire français qui permet le transport de 5 millions de voyageurs et 250 000 tonnes de marchandises chaque jour. Ce réseau comprend les plus de 700 km de la ligne Paris – Orléans – Limoges – Toulouse et des 400 km de Clermont – Paris. On pourrait également citer les 680 km de la ligne Bordeaux – Marseille particulièrement sensible au dérèglement climatique et sur laquelle circulent des TET de bout en bout.

Les estimations actuelles, traduites par la trajectoire d'adaptation publiée par le ministère de l'Énergie et que SNCF Réseau prend en référence, tablent sur quatre degrés d'augmentation de la température d'ici la fin du siècle en France (correspondant à 3,2°C au niveau mondial, les océans se réchauffant moins et moins vite que les zones terrestres) et vraisemblablement plus dans certains pays d'Europe, avec à la clé plus de vagues de chaleur, davantage d'intempéries, les événements extrêmes se multipliant⁴.

Les équipes d'ingénierie et de maintenance œuvrent pour une infrastructure plus résiliente à l'instabilité climatique croissante. À cet égard, une étude de vulnérabilité a été menée sur la ligne Clermont – Paris en 2024. La méthode utilisée est issue de la démarche développée par le CEREMA qui s'intitule « Vulnérabilités

et risques : les infrastructures de transport face au climat »⁵.

D'une manière générale, l'analyse montre que la ligne Clermont – Paris est d'ores et déjà exposée aux différents risques climatiques (dont notamment les inondations, mouvements de terrain, RGA⁶, vague de chaleur, vague de froid, sécheresse). À ce titre, SNCF Réseau a déjà entrepris des initiatives et des actions concrètes (par exemple, le renforcement de la surveillance du réseau via des tournées de surveillance en cas de fortes chaleurs ou vagues de froid, la mise en place de Limitation Temporaire de Vitesse sur certains tronçons en période de canicule, le traitement de la végétation aux abords de la voie, l'utilisation d'une peinture thermique blanche pour les équipements électriques et les bâtiments), afin de s'adapter au changement climatique.

Le renouvellement en cours des infrastructures sur les deux lignes POLT et Clermont – Paris comme leur modernisation d'ici 2027, prennent en considération la nécessité de l'évolution technique comme remplacer des vieux composants par des composants neufs ce qui exige de réfléchir à de nouvelles normes en anticipant les évolutions du climat. Notamment avec des composants électroniques, électriques ou mécaniques pour lesquels le seuil de bon fonctionnement évolue.

À titre d'illustration de cette évolution, nous pouvons mettre en avant :

- Le redécoupage des tirs⁷ de la caténaire, en cours entre Paris et le sud de l'Essonne. Initialement installés avant la Seconde Guerre mondiale avec un découpage variable parfois plus long que les normes actuelles (1 500 m environ), il faut les reprendre en les réduisant pour limiter l'impact des fortes chaleurs sur la ponctualité des trains de la ligne en portant ainsi de 35 à 45°C le seuil de température extérieure à partir duquel les trains doivent être ralentis pour éviter la détérioration voire l'arrachage des caténaires au passage des trains. En première approche, ce sont 12 tirs qu'il fallait traiter pour se rapprocher de la norme actuelle. Finalement, ce seront 38 tirs que SNCF Réseau préfère traiter afin d'anticiper les évolutions à venir sur les températures futures (niveau et fréquence). Ce sont plusieurs millions d'euros supplémentaires à financer mais c'est un investissement indispensable du fait de la fréquence des périodes de fortes chaleurs qui va augmenter à l'avenir.

⁵ CEREMA. Vulnérabilité et risques : les infrastructures de transport face au climat. Bron : CEREMA, 2019. Collection : Connaissance. ISBN : 978-2-37180-426-5.

⁶ RGA : Retrait Gonflement des Argiles.

⁷ Le tir caténaire : c'est un tronçon (tir) de ligne aérienne d'alimentation électrique (caténaire) qui part d'un ancrage (en général un poteau équipé d'un appareil tendeur) à un autre avec un contre-poids à l'extrémité pour garder la caténaire suffisamment tendue pour supporter le passage d'un train à haute vitesse quelles que soient les conditions climatiques et notamment en cas de températures extrêmes chaudes ou froides qui font évoluer de manière importante la longueur du câble par dilation ou rétraction.

⁴ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PNACC3.pdf>



Figure 2 : Redécoupage des tirs de la caténaire entre Paris et le sud de l'Essonne (Source : SNCF Réseau).

- En termes de renouvellement de la caténaire, ce sont des conceptions plus robustes et des cahiers des charges plus ambitieux que nous déployons. Par exemple, au travers de la caténaire 1 500 Volts CS2R, pour Caténaire Simplifiée Renforcée Régularisée.
- Des évolutions portent également sur la moindre exposition aux intempéries des composants installés le long des voies. Cela passe par exemple par la signalisation : sur POLT, l'informatisation des postes d'aiguillages et en conséquence la possibilité de regrouper la télécommande des installations dans un univers plus facile à protéger et surveiller. C'est le cas à Vierzon par exemple qui constitue l'amorce d'une future Commande Centralisée du Réseau (CCR) sur POLT. Ou encore le Poste d'Aiguillage Informatisé d'Étampes qui sera mis en service en 2027. Dans ce domaine, la réflexion s'étend à la mise en œuvre du standard uniformisé à l'échelle européenne (ERTMS⁸) sur certaines « lignes classiques longue distance » comme en France actuellement sur la ligne entre Marseille et la frontière italienne et sur

⁸ ERTMS : European Rail Traffic Management System (système européen de gestion du trafic ferroviaire). Il est composé de 2 éléments majeurs :

- ETCS (European Train Control System) qui associe un nouveau système de signalisation digitalisée et le contrôle de la vitesse des trains ;
- FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) pour l'échange d'information entre les trains et les installations fixes, basé sur la 5G, qui viendra succéder au système radio actuel basé sur le GSM-R (R pour Railways).

d'autres lignes demain : au-delà du fait qu'il permet au train de franchir les frontières géographiques et techniques (interopérabilité et sécurité), ce système de signalisation est beaucoup moins exposé aux événements climatiques puisqu'il réduit significativement le nombre d'installations au niveau de la voie et qu'il repose sur des centres de traitement digitaux dans des lieux plus faciles à gérer (climatatisés, moins exposés aux aléas météo...).

- En termes d'exploitation, l'ERTMS permet en outre une augmentation du trafic sans lourde infrastructure nouvelle, une exploitation facilitée en zone de forte densité de trafic, de manière générale, une meilleure gestion des incidents en rendant plus fluide la circulation des trains dans les deux sens sur une même voie ce qui, du même coup, facilite la maintenance et le renouvellement des installations en laissant circuler plus commodément les trains sur l'autre voie pendant les travaux.
- Les installations électriques fixes, au-delà de la caténaire, comme les sous-stations (qui apportent l'énergie à la caténaire) ou les postes de mise en parallèle (PMP, qui renforcent et sécurisent l'acheminement de puissance électrique stable sur de grandes longueurs) évoluent, eux aussi, au niveau de la robustesse de leurs composants. Les nouveaux PMP que l'on installe sur POLT et Clermont – Paris dans le cadre des plans de modernisation actuels sont de taille réduite, climatisés et de couleur plus adaptée à leur insertion paysagère et à la diffusion de la chaleur produite.

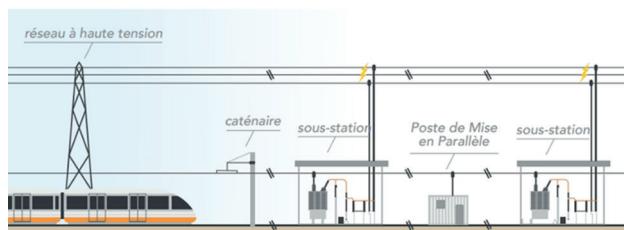


Figure 3 : Schéma des types d'installations électriques dans le ferroviaire (Source : SNCF Réseau).

- Afin de préserver la sécurité et la continuité de la circulation des trains, en cas d'intempéries, des travaux préventifs de débroussaillage sont déjà engagés et doivent être poursuivis sur la durée. Ils sont renforcés sur une bande élargie de part et d'autre des voies pour maîtriser le développement de la végétation. Ce qui est visé, c'est limiter le plus possible la chute d'arbres ou de branches sur l'infrastructure (voie et caténaires) et le risque d'incendie en période de sécheresse et de grands vents. Il existe un autre effet induit positif : la végétation trop abondante constitue parfois un point de fixation du gros gibier qui, s'il traverse les voies, risque d'être heurté par un train et entraîner au-delà de sa mort de gros dégâts sur la locomotive ou les installations techniques, paralysant le trafic pendant un temps toujours trop long.
- La question du développement exponentiel du gros gibier, qui a un certain lien avec la gestion de notre environnement et les évolutions climatiques, devient



Figure 4 : Poste de mise en parallèle sur la ligne Clermont – Paris (Source: SNCF Réseau).

importante pour le ferroviaire comme pour d'autres activités humaines. Les populations de sangliers auraient, semble-t-il, doublé depuis 10 ans en France, et auraient été multipliées par 20 depuis 1980, ce qui est particulièrement constaté sur des lignes comme POLT ou Clermont – Paris, qui traversent des zones forestières vastes et de forte densité.

- Un plan faune/végétation subventionné par l'État à hauteur de 10 M€ est en cours sur Clermont – Paris pour accélérer sur la période 2024-2026 les opérations de débroussaillage et de clôture dans les zones les plus exposées à ces risques. Il s'accompagne également de conventions de partenariats avec les fédérations départementales des chasseurs et les chambres d'agriculture pour la sensibilisation des éleveurs riverains. Une étude est en cours sur POLT pour identifier ces zones plus précisément et évaluer les solutions les plus adéquates. Pour le gros gibier, outre le clôture qui crée d'autres contraintes d'entretien et la recherche d'autres solutions de passage, il existe également des expérimentations

de systèmes sonores d'effarouchement au passage des trains pour éviter les chocs.

En synthèse : trois leviers majeurs d'adaptation pour SNCF Réseau :

- L'adaptation des actifs ferroviaires : nous remplaçons les composants du réseau ferré par des composants plus résilients à l'occasion des opérations de renouvellement prévues, et lançons également des travaux de grande ampleur ou des ajustements ciblés (climatisation des installations électriques, peinture blanche sur les bâtiments ou guérites techniques, etc.).
- L'adaptation de l'entretien et de la surveillance des infrastructures : nous renforçons la surveillance des caténaires en cas de canicule, des ouvrages en terre ou hydrauliques en cas de pluie, ou encore le traitement de la végétation dans les zones les plus sensibles aux épisodes météorologiques extrêmes.
- L'adaptation de l'exploitation et des fonctionnalités du réseau : nous annulons certaines circulations en cas d'avis de tempête, ou ralentissons la vitesse des trains en cas de canicule pour limiter les risques au niveau des caténaires, en concertation avec les autorités locales.

Le rôle structurant de ces lignes classiques dans l'aménagement du territoire vient renforcer leur contribution à la transition écologique

Ces lignes constituent un levier d'aménagement du territoire et de rééquilibrage régional

Les Trains d'Équilibre du Territoire (TET) assurent un service de grandes lignes rapides entre les principales villes françaises non reliées par la grande vitesse. Ils permettent également le désenclavement des terri-



Figure 5 : Exemple de débroussaillage renforcé sur la ligne Clermont – Paris (Source : SNCF Réseau).

toires en relations transversales à l'intérieur du pays ou via les trains de nuit. Il s'agit de trains de moyenne/longue distance. L'État est Autorité Organisatrice des TET dans le sens où ces lignes sont assez largement d'intérêt national.

Elles favorisent l'attractivité des villes métropolitaines moyennes ou plus petites (Limoges, Clermont-Ferrand, Orléans, Brive, Nevers, Vichy, Moulins, Châteauroux...), contribuant ainsi à limiter la concentration des activités et de la population en Île-de-France ou dans les grandes métropoles régionales.

Ce sont aussi des territoires avec de très grands enjeux économiques, sociaux et touristiques :

- Michelin et Legrand, deux entreprises du CAC 40 dont le siège mondial est situé respectivement à Clermont-Ferrand et à Limoges ;
- d'autres entreprises peut-être un peu moins connues du grand public mais tout aussi dynamiques et parfois leaders sur leurs marchés (par exemple, Limagrain).

Ces lignes assurent non seulement des liaisons longue distance, souvent avec Paris, mais aussi un service entre les bassins de vie intermédiaires et les espaces ruraux par un maillage avec les TER :

- elles permettent aux habitants de zones moins denses de se déplacer efficacement vers les centres d'emploi, d'enseignement ou de services, sans dépendance systématique à la voiture ;
- de ce point de vue, il est intéressant de regarder sur la ligne POLT la part non négligeable des trajets ne comprenant pas Paris : c'est quasiment un tiers des déplacements.

Le train reste un des modes de transport préférés des habitants de ces territoires

Malgré le développement des autoroutes, parfois parallèles aux axes ferrés et l'amélioration continue du

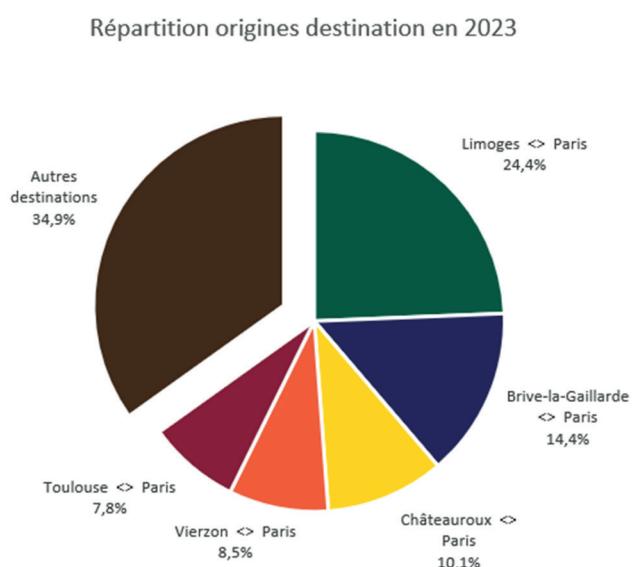


Figure 6 : Répartition des trajets TET sur Paris – Orléans – Limoges – Toulouse (Source : SNCF Voyageurs).

confort et des performances des voitures, le développement des *low cost* aériens, des bus longue distance, la part de marché du ferroviaire n'a pas faibli.

Bien au contraire, l'appétence pour le train s'affirme en tant que moyen écologique, économique et de choix non-contraints de se déplacer. Pour preuve, le développement du trafic est en perpétuelle évolution : + 15 % entre 2019 et 2024 sur POLT.

La ligne aérienne Limoges – Paris s'est interrompue en 2024 faute de rentabilité et de clients en nombre suffisant et la ligne Clermont – Paris s'est recentrée sur CDG.

En modernisant les lignes classiques ferroviaires (trains, infrastructure, qualité de service), on encourage un report modal massif vers le rail.

Les TET donnent une alternative aux autres moyens de transport (automobiles, autocars et avions) et donnent la possibilité de voyager à une partie des habitants de ces territoires qui n'a pas d'autre possibilité de le faire.

Conclusion

Fort de ces atouts bien compris, l'État a pris la décision d'investir massivement au côté de SNCF Réseau dans la rénovation et la modernisation des deux lignes classiques longue distance à hauteur de 3,9 Mds d'euros (CE janvier 2025) sur la période 2018-2027 :

- Nouvelles rames Oxygène – plus de 800 M€ (28 rames + installations techniques de maintenances des trains à Paris, Brive, Clermont-Ferrand + prolongation de l'utilisation des rames Corail et locomotives BB26000 en attendant la livraison complète des rames Oxygène par CAF) – 100 % État ;
- Plan de modernisation POLT : près de 300 M€ en prenant en compte la mise en accessibilité sur 5 gares⁹ qui n'étaient pas encore traitées – 100 % État hors gares ;
- Plan de modernisation Clermont – Paris : près de 170 M€¹⁰ – État + Région AURA ;
- Renouvellement des infrastructures : 100 % SNCF Réseau sur les années 2018-2027 :
 - environ 1 800 M€ sur POLT,
 - environ 800 M€ sur Clermont – Paris.

L'objectif de tous les acteurs mobilisés autour de ces perspectives est de mettre en œuvre la nouvelle offre de transport TET à l'horizon de fin 2027 sur les deux lignes comme il est attendu de longue date par les territoires.

L'intérêt porté aux « lignes classiques longue distance » ne s'arrête pas là puisque la ligne Bordeaux –

⁹ En partie avec le concours de SNCF Gares et Connexions et des régions Centre-Val de Loire et Occitanie.

¹⁰ Avec le concours de la région AURA à hauteur de 30 % environ.

Toulouse – Marseille¹¹ fera également l'objet, à l'horizon 2028-2030, d'un renouvellement complet du matériel roulant des TET avec les mêmes rames Oxygène entièrement financées par l'État en tant qu'Autorité Organisatrice (22 rames + installations de maintenance à Bordeaux pour un montant d'environ 650 M€). Sans parler plus en détail de l'annonce faite par l'État début 2025 sur les investissements à venir pour le renouvellement des matériels roulants (voitures couchettes et locomotives) pour les trains de nuit à l'horizon du début des années 2030.

Bibliographie

AUTORITÉ ENVIRONNEMENTALE (2025), « Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le projet de modernisation de la ligne ferroviaire Paris – Clermont-Ferrand ».

CEREMA (2019), « Vulnérabilité et risques : les infrastructures de transport face au climat ».

CHEVALIER B., SNCF Réseau (2024), « Adaptation au changement climatique : stratégie de SNCF Réseau ».

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES & LE GROUPE SNCF (2018), « Schéma directeur des lignes des Trains d'Équilibre du Territoire : ligne Paris – Limoges – Toulouse ».

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES & LE GROUPE SNCF (2018), « Schéma directeur des lignes des Trains d'Équilibre du Territoire : ligne Paris – Clermont ».

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES & LE GROUPE SNCF (2024), « Comité de Suivi des dessertes ferroviaires POLT ».

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES & LE GROUPE SNCF (2024), « Plan d'actions à court terme sur Clermont – Paris ».

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES & LE GROUPE SNCF (2025), « Comité de Suivi des dessertes ferroviaires Paris – Clermont ».

SNCF GROUPE (2025), « Réconcilier mobilités et planète ».

SNCF RÉSEAU (2018), « Études socioéconomiques et scénarios de mobilité POLT et Paris – Clermont ».

SNCF RÉSEAU (2025), « L'ERTMS, une signalisation performante au standard européen ».

SNCF RÉSEAU (2024), « Renouvellement complet de la voie ferrée entre Boisseaux et Les Aubrais (45) ».

SNCF RÉSEAU (2025), « Modernisation de la voie entre Nevers et Cosne-Cours-sur-Loire ».

SNCF RÉSEAU (2025), « Standards Faune et Végétation ».

¹¹ La ligne Bordeaux – Toulouse – Marseille dite Transversale Sud a été empruntée par 4 M de voyageurs en 2024 en hausse de près de 50 % depuis l'année référence de 2019 (ante Covid). Il s'agit de la première ligne TET en France en termes de fréquentation et de potentiel de développement.

Comment l'Alliance 4F participe à la décarbonation du transport routier de marchandises

Par Raphaël DOUTREBENTE

Président d'Europoort et président de l'Alliance 4F

Dans un contexte de transition écologique et de recherche de souveraineté logistique, l'Alliance 4F (Fret Ferroviaire Français du Futur), qui fédère les acteurs du fret ferroviaire français, porte collectivement une réponse stratégique et concrète aux limites du transport routier. Sobre, performant et massifié, le fret ferroviaire permet de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre et l'empreinte énergétique des chaînes logistiques.

Son développement ne vise pas à supprimer le transport routier, mais à organiser une complémentarité efficace et pertinente entre les modes de transport. Encore faut-il investir, planifier et mobiliser l'ensemble des acteurs publics et privés. L'Alliance 4F plaide pour une logistique multimodale, fondée sur un usage renforcé du fret ferroviaire sur longues distances et l'optimisation du transport combiné.

Réduire les émissions du transport de marchandises : pourquoi la France doit miser sur le fret ferroviaire

Le fret ferroviaire, une solution éprouvée et disponible immédiatement pour décarboner la logistique

En matière de décarbonation, les chiffres ne mentent pas : le secteur des transports est aujourd'hui le premier émetteur de gaz à effet de serre en France. Face à ce constat, le fret ferroviaire n'est pas une option secondaire : c'est un levier majeur. Un train de fret émet en moyenne neuf fois moins de CO₂ qu'un poids lourd¹ [1]. Il consomme aussi six fois moins d'énergie que le transport routier [2]. Grâce à un réseau électrifié à plus de 70 %, le fret constitue déjà une solution opérationnelle, sobre et décarbonée. Le train de marchandises incarne une alternative crédible pour opérer un véritable basculement logistique au service du climat.

Depuis sa création en 2020, l'Alliance 4F (Fret Ferroviaire Français du Futur) agit avec constance et détermination pour faire bouger les lignes, car la France est en retard² par rapport à des pays européens comme la Suisse ou l'Autriche dont la part modale atteint presque 30 %. Au-delà des performances environnementales, le fret ferroviaire apporte une réponse concrète à l'impératif d'efficacité logistique : un seul train représente l'équivalent de 40 à

45 camions, contribuant à désengorger les axes routiers et à renforcer la sécurité.

Une chaîne logistique performante passe par la complémentarité des modes

Le fret ferroviaire n'a pas vocation à remplacer la route. L'Alliance 4F défend une logique de complémentarité fondée sur la spécialisation des usages. Sur les longues distances et pour les flux massifiés ou sensibles, le fret ferroviaire est le mode le plus pertinent. Pour les courtes distances et le dernier kilomètre, la route reste indispensable. C'est pourquoi le développement de l'intermodalité, et notamment du transport combiné, doit devenir une priorité stratégique.

Pour y parvenir, et conformément à la loi Climat et Résilience, la France s'est fixé l'objectif ambitieux de tendre vers un doublement de la part modale du ferroviaire, afin de rejoindre la moyenne européenne fixée à 17 %. Pour cela, la modernisation des infrastructures existantes ainsi que le développement de plateformes multimodales facilitant l'articulation entre les différents modes de transport sont indispensables. Réalisé et porté par l'ensemble des acteurs de la filière réunis au sein de l'Alliance 4F, en lien étroit avec l'État et SNCF Réseau, le programme « Ulysse Fret » a fixé une feuille de route ambitieuse à l'horizon 2032. Il identifie les actions prioritaires à mener pour atteindre les objectifs de développement du fret ferroviaire, dans le cadre d'une enveloppe budgétaire de 4 milliards d'euros. Cet investissement doit désormais être intégré dans les schémas logistiques des zones industrielles.

¹ <https://www.era.europa.eu/content/getting-rail-freight-right-track>

² https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight_transport_statistics_-_modal_split

Une réponse stratégique à la crise énergétique et au besoin de souveraineté avec des emplois durables

Le fret ferroviaire constitue un levier essentiel de souveraineté logistique. Il permet de sécuriser les approvisionnements stratégiques en période de crise, comme il l'a démontré lors de la pandémie de Covid-19, tout en réduisant la dépendance aux variations du prix des carburants issus du pétrole. À la différence du transport routier, encore alimenté à 95 % par du gazole, le fret ferroviaire offre une alternative plus stable et résiliente.

En soutenant le développement du fret ferroviaire, la France mise également sur la création et le maintien d'emplois qualifiés, durables et non délocalisables, ancrés dans les territoires. À la différence du transport routier, confronté à une concurrence déloyale et à une pénurie structurelle de chauffeurs – avec un déficit estimé à 60 000 conducteurs d'ici 2035 – le fret ferroviaire dispose d'un fort potentiel en matière d'emplois qualifiés. La filière compte aujourd'hui environ 22 000 emplois directs, et près de 250 000 pour l'ensemble de l'industrie ferroviaire.

Les limites structurelles du transport routier longue distance

Si la route reste indispensable, elle rencontre aujourd'hui des limites structurelles. La mutation vers des camions électriques ou à hydrogène est confrontée à plusieurs obstacles : autonomie insuffisante, poids élevé, coûts d'achat et de recharge, infrastructures à déployer. Selon PwC, l'Europe devra investir 36 milliards d'euros d'ici 2035 pour mettre en place un réseau de recharge adapté, ce qui apparaît comme irréalisable dans le contexte budgétaire actuel en France et en Europe. Par ailleurs, la consommation d'énergie des camions électriques pourrait atteindre 3,5 térawattheures en France à cette échéance, exerçant une pression supplémentaire sur le réseau électrique [3].

À ces enjeux techniques s'ajoute le coût pour les collectivités : les poids lourds sont responsables de 80 % de la dégradation des routes, entraînant une usure prématuée et des coûts d'entretien massifs pour les infrastructures publiques. C'est pourquoi l'Alliance 4F s'oppose fermement au déploiement des camions géants et à l'électrification des autoroutes pour poids lourds. Ces dispositifs détourneraient les investissements des infrastructures ferroviaires, tout en accélérant le report modal vers la route.

Des externalités négatives majeures pour la collectivité

Le transport routier engendre des coûts indirects considérables. Les embouteillages coûtent chaque année 17 milliards d'euros à l'économie française [4], soit 0,8 % du PIB. La pollution de l'air, quant à elle, génère 50 milliards d'euros de dépenses publiques par an et 40 000 décès prématués [5]. La sécurité routière est également en jeu : les poids lourds sont impliqués dans 13 % des accidents mortels [6]. La fatigue des conducteurs, les conditions de travail difficiles et les contraintes logistiques renforcent les risques.

Aussi, doubler la part du fret ferroviaire d'ici 2030 permettrait d'éviter environ 9 milliards d'euros d'externalités négatives sur 10 ans³ [7]. Moins d'émissions de CO₂, de pollution, de congestion routière, d'accidents c'est moins de dépenses publiques liées à la santé, aux infrastructures et à la sécurité, tout en améliorant la qualité de vie de tous les citoyens.

L'Alliance 4F est pour une stratégie de report modal ambitieuse et pragmatique face à la route

La transition vers un modèle logistique plus durable passe par un changement d'échelle. Face à la demande de plus en plus forte des industriels, l'Alliance 4F qui regroupe tous les acteurs du secteur, industries ferroviaires, entreprises de transports, opérateurs de combiné, associations, groupements, fédérations est fortement engagée pour construire une politique réaliste et cohérente. Cela implique :

- d'accélérer les investissements dans les infrastructures adaptées au fret ferroviaire pour le transport conventionnel et le transport combiné ;
- de rendre le fret ferroviaire plus compétitif par des incitations économiques ;
- d'accompagner les entreprises dans l'évolution de leur stratégie logistique ;
- d'intégrer systématiquement la logique multimodale dans les politiques d'aménagement du territoire.

Conclusion

Le fret ferroviaire n'est pas un choix idéologique, c'est une nécessité stratégique. Pour répondre aux impératifs climatiques, à la compétitivité économique et à la souveraineté logistique, il faut lui redonner toute sa place. À condition d'une volonté politique affirmée, d'investissements ciblés et d'un accompagnement opérationnel des acteurs économiques publics comme privés, le fret ferroviaire peut devenir la colonne vertébrale d'une offre de transport résilient, intermodal et aligné avec les enjeux du XXI^e siècle.

Références

- [1] Comité National Routier (CNR) (2023), « Émissions unitaires comparées rail/route », Rapport sectoriel 2023, disponible sur : <https://www.cnr.fr/>
- [2] Union TLF (2023), « Consommation énergétique comparée rail/route », <https://etlf.com/>, site officiel de l'Union des Entreprises de Transport et Logistique de France.
- [3] Enedis, TotalEnergies & VINCI Autoroutes (2024), « Étude prospective sur l'électrification des poids lourds (3,5 TWh en 2035) », https://totalenergies.com/sites/g/files/nytnzq121/files/documents/2024-06/totalenergies_etude-mobilite-poids-lourds_en_pdf.pdf

³ https://www.fret4f.fr/tout-sur-le-fret-ferroviaire/?utm_source=chatgpt.com

[4] Inrix (2023), "Traffic Congestion Cost Study - France 2023", <https://inrix.com/press-releases/embouteillages-une-facture-cumulee-de-plus-de-350-milliards-deuros-pour-la-france-sur-les-16-prochaines-annees>

[5] Santé Publique France (2021), « Pollution de l'air ambiant : Nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français », <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais>

[6] ONISR (2023), « Bilan Sécurité routière 2023 : statistiques des accidents mortels impliquant des poids lourds », <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/sites/default/files/2024-09/Bilan%20SR%202023%20version%20site%20internet%2012%20septembre.pdf>

[7] Altermind & Alliance 4F (2020), « Le fret ferroviaire, levier de la relance économique verte : analyse socio-économique », Chiffres selon les estimations de Transport Ferroviaire et Multimodal de Marchandises (TFMM), <https://www.transalpine.com/wp-content/uploads/2020/06/Rapport-Altermind-pour-4F.pdf>

Maîtriser les externalités environnementales du transport ferroviaire pour augmenter sa durabilité

Par Pierre de BELLABRE

Directeur de projet multimodalité de HAROPA PORT

Et Sandrine SAMSON

Directrice de projet transition écologique et énergétique de HAROPA PORT

Le développement du transport ferroviaire constitue une étape essentielle dans la transition écologique. HAROPA PORT s'engage activement pour favoriser ce mode de transport durable, largement plébiscité en raison de son faible impact environnemental, avec des émissions de gaz à effet de serre et de particules nettement inférieures à celles du transport routier. Cependant, l'évaluation de son empreinte écologique doit intégrer non seulement l'exploitation des trains mais aussi la construction, la maintenance et l'exploitation des infrastructures ferroviaires qui génèrent des externalités environnementales.

HAROPA PORT, gestionnaire de son réseau ferré portuaire, met en œuvre une série de mesures permettant d'éviter, de réduire et, le cas échéant, de compenser les impacts environnementaux liés à l'exploitation ferroviaire. Parmi elles figurent l'éco-conception des infrastructures, l'intégration de considérations environnementales aux projets d'aménagement pour préserver la biodiversité et la continuité des milieux, ainsi qu'un entretien ciblé des voies ferrées.

Dans le contexte de changement climatique auquel nous sommes confrontés, le paradigme du transport durable tend à favoriser le transport ferroviaire. Il existe un consensus à l'échelle nationale comme à l'échelle européenne pour développer ce moyen de transport, qui émet en moyenne neuf fois moins de particules nocives et consomme six fois moins d'énergie que le très usuel transport routier. Cette affirmation dépend évidemment de la distance parcourue et du mode de traction utilisé. À titre d'information en 2022, à l'échelle nationale 75,5 % des t.km ont été réalisées en ayant recours au mode ferroviaire à traction électrique. En ce qui concerne HAROPA PORT (établissement public regroupant les ports de Paris, de Rouen et du Havre), une très large part du transport de conteneurs par voie ferrée se fait en ayant recours à des engins de traction électrique.

L'empreinte environnementale du rail ne se limite néanmoins pas uniquement à celle liée à la circulation des trains : la construction et l'entretien des infrastructures ferroviaires doivent y être intégrés. Essentiels pour assurer la sécurité et la performance du réseau ferroviaire, ces travaux peuvent nécessiter des aménagements et des interventions humaines ayant un impact sur l'environnement.

Les externalités négatives liées au transport ferroviaire ne remettent cependant pas en cause son statut de mode de transport à faible impact environnemental.

Acteur majeur de la logistique sur l'axe Seine, HAROPA PORT déploie ainsi une stratégie ambitieuse de mas-sification des flux au profit des modes alternatifs à la route. Gestionnaire de plus de 350 km de voies ferrées desservant des industries embranchées implantées sur son domaine et neuf grandes plateformes multimodales connectées au réseau ferré national en Île-de-France, à Rouen et au Havre, il accueille chaque année près de 10 000 trains, ce qui représente entre 5 et 6 millions de tonnes de marchandises. Raccordé aux grands corridors transeuropéens de transport, HAROPA PORT souhaite poursuivre le développement de ce mode de transport qui répond tant à des enjeux économiques qu'à des enjeux écologiques et sociétaux. L'établissement ambitionne de multiplier par 2 à 3 les volumes de conteneurs traités par le rail d'ici 2030.

Afin de réduire au maximum les impacts environnementaux associés à ses activités ferroviaires, HAROPA PORT met en place des mesures techniques innovantes et déploie une gestion optimisée de ses infrastructures grâce à des actions ciblées.

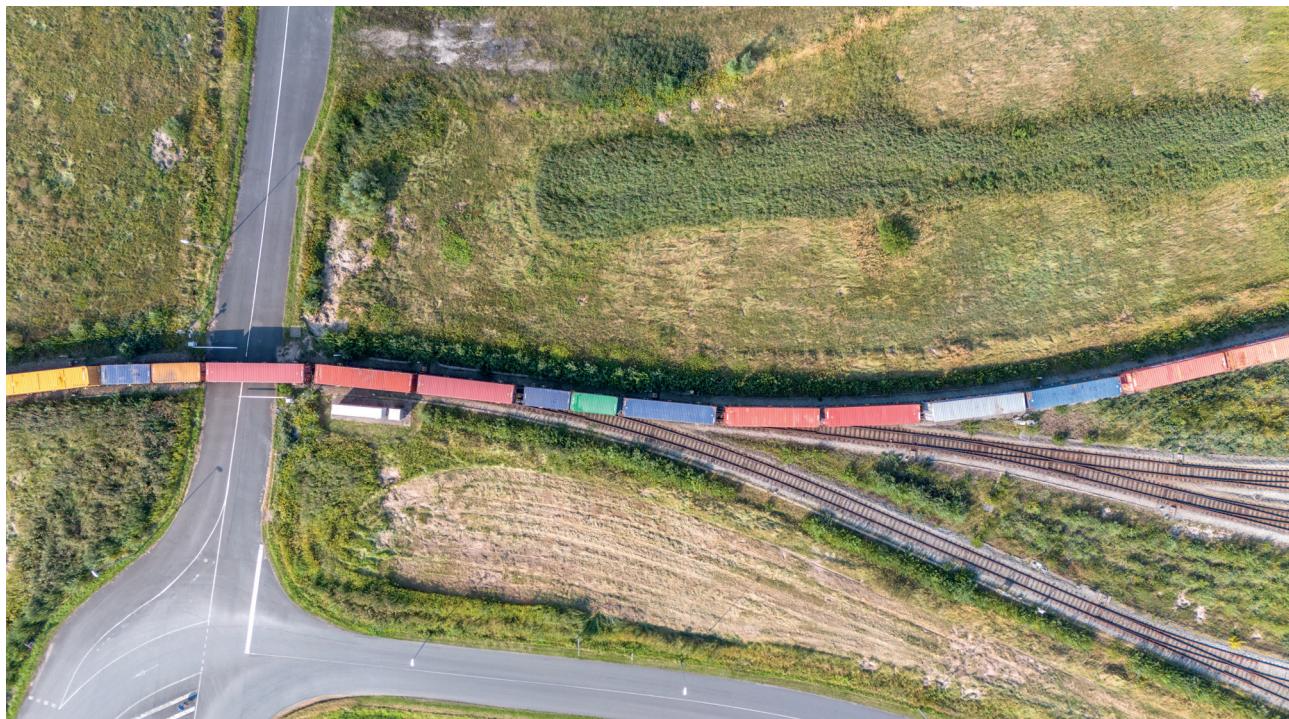


Figure 1 : Réseau ferré du port du Havre (Source : HAROPA PORT).

L'éco-conception appliquée aux infrastructures ferroviaires

Lorsque l'on parle d'infrastructures ferroviaires, l'éco-conception désigne la démarche intégrée visant à minimiser les impacts environnementaux tout au long du cycle de vie des ouvrages, depuis la phase de conception jusqu'à la déconstruction, en intégrant la phase d'utilisation. Cette approche repose sur l'optimisation des choix matériels, techniques et opérationnels afin de réduire la consommation des ressources, les émissions polluantes, les déchets générés et les perturbations des écosystèmes, tout en garantissant la performance et la durabilité des infrastructures.

En premier lieu, cela se traduit par la mise en œuvre de chantiers responsables, intégrant dès leur planification des mesures de réduction des impacts sur les milieux naturels.

L'intégration de critères environnementaux dans les contrats de commande publique

L'éco-conception des infrastructures ferroviaires doit être pensée dès la passation des marchés de travaux. À ce titre, HAROPA PORT a anticipé l'entrée en vigueur en 2026 – de la loi Climat et résilience en intégrant systématiquement des clauses environnementales dans les contrats passés avec ses prestataires, y compris pour les chantiers liés au réseau ferré. Ces dispositions contractuelles imposent un encadrement strict sur les chantiers à travers des mesures ambitieuses de prévention des pollutions, de protection de la biodiversité et de gestion des déchets. Les entreprises doivent notamment limiter les écoulements dans l'eau et les sols (stockage sécurisé des produits polluants, kits d'intervention d'urgence, nettoyage des sites),

réduire les nuisances sonores et lumineuses, et gérer les déchets selon les principes réglementaires de tri, de réemploi et de traçabilité. Une attention particulière est portée aux milieux naturels et aux zones à fort enjeu écologique, avec des prescriptions précises : balisage, effarouchement pendant les périodes de nidification, barrières anti-amphibiens et interdiction d'installations d'espèces exotiques envahissantes. Enfin, les titulaires doivent fournir un bilan annuel des émissions de gaz à effet de serre, justifier les mesures de réduction mises en œuvre et garantir une traçabilité complète de leurs actions environnementales.

La valorisation des matériaux de dépôse

La maintenance des infrastructures ferroviaires implique, entre autres, le remplacement des voies en fin de vie. Afin de générer une quantité moindre de déchets, les contrats conclus par HAROPA PORT astreignent ses prestataires gestionnaires d'infrastructures (PGI) au réemploi et à la réutilisation de certains matériaux de dépôse, tels que les rails, le ballast ou les menus matériels dès lors que leur état le permet. Aussi, les déchets de chantier sont, autant que possible, recyclés et valorisés selon leur caractérisation : recyclage dans des plateformes spécialisées, remblaiement de carrières et compostage des déchets végétaux.

Dans une logique d'économie circulaire et de réemploi, l'établissement a également déjà fait le choix – tant écologique qu'économique – de racheter à SNCF Réseau des matériaux de dépôse de voies principales afin de les reposer sur ses voies de service dès lors que leur état d'usure promet une durée de vie suffisante pour être réemployés.

Le train, un mode de transport écologique

Vers un traitement plus durable des traverses en bois

La créosote est un dérivé de la distillation du goudron de houille utilisé comme agent de traitement pour les traverses en bois dans les infrastructures ferroviaires en raison de ses propriétés protectrices contre les agents biologiques tels que les champignons et les insectes. Son efficacité, sa disponibilité et son coût relativement faible en ont fait une solution largement adoptée dans le secteur ferroviaire.

Compte tenu des caractéristiques de cette substance, et notamment des risques qu'elle représente pour la santé et l'environnement, la France a interdit en 2019 toute utilisation de la créosote et de bois traité à la créosote sur son territoire, exception faite des traverses de chemin de fer. Afin d'anticiper un encadrement réglementaire de plus en plus strict, HAROPA PORT a souhaité expérimenter des solutions alternatives plus durables. Le Tanasote® S40 est apparu comme étant une alternative efficace, tout en évitant les désagréments liés à l'utilisation de la créosote. À ce stade, les études menées ont néanmoins montré un résultat non-concluant : s'il est effectivement moins dangereux pour la santé humaine, il ne semble pas moins nocif pour l'environnement.

Prise en compte des considérations environnementales dans les projets d'aménagement

Dans ses aménagements ferroviaires, HAROPA PORT a intégré d'autres mesures environnementales visant à préserver la biodiversité. Pensées comme des réponses concrètes aux impacts du projet, elles combinent ingénierie écologique, sobriété technologique et suivi à long terme pour garantir la fonctionnalité des milieux naturels. Afin de mesurer l'efficacité de ces mesures, des suivis écologiques sont réalisés tous les cinq ans par des bureaux d'études missionnés par HAROPA PORT.

Des techniques *low tech* pour reconstruire des habitats naturels

Dans le cadre de mesures de réduction et de compensation, HAROPA PORT recrée les habitats naturels qui doivent être détruits lors de la pose d'une voie ferrée grâce à des techniques de *low tech*. À titre d'exemple, lors des travaux d'aménagement visant à accueillir l'usine Siemens Gamesa au Havre, des hibernacula ont été construits. Ces petits dômes de pierres sèches et de bois mort sont en réalité une reconstitution fidèle du lieu d'habitat et d'hibernation du lézard des murailles, qui a tendance à se loger dans le ballast des voies ferrées.

Ces actions de restauration des habitats naturels menées par HAROPA PORT s'intègrent dans une stratégie plus globale : le maintien de corridors écologiques au sein de la zone portuaire.

Assurer la continuité écologique

HAROPA PORT a effectivement intégré la continuité écologique à ses projets d'aménagement d'infrastruc-



Figure 2 : Hibernaculum (Source : HAROPA PORT).

tures ferroviaires afin de limiter la fragmentation des habitats induite par la présence de voies ferrées. Dans le cadre de mesures de réduction, plusieurs dispositifs ont ainsi été mis en œuvre pour maintenir les flux écologiques.

Des crapauducs ont été aménagés sous les voies ferrées de la plateforme multimodale du Havre pour permettre à certaines espèces d'amphibiens, telles que le crapaud calamite et le pélodyte ponctué, de traverser les infrastructures en toute sécurité. Cette approche vise à relier les zones favorables à la reproduction et à l'alimentation, tout en limitant la mortalité liée aux collisions. Une dizaine de crapauducs a été installée sur le site, constituant un réseau fonctionnel entre les différents espaces naturels présents aux abords de la plateforme.

En complément, des passages hydrauliques ont été conçus pour préserver la continuité des zones humides boisées, fragmentées par le tracé des voies. Ces installations permettent à l'eau de pluie de circuler selon son régime naturel, grâce à la pose de conduites enterrées. Ainsi, la présence des voies ferrées devient écologiquement « transparente », évitant toute rupture hydrologique préjudiciable aux milieux humides et à leur biodiversité.



Figure 3 : Passage à faune (Source : HAROPA PORT).

L'expérimentation de l'éclairage conditionnel

Enfin, dans un objectif de limitation des nuisances pour la faune, notamment nocturne, HAROPA PORT a mis en place un système d'éclairage conditionnel. Ce dispositif consiste en l'adaptation de la puissance d'éclairage en fonction de la faune présente dans la zone, permettant de réduire significativement l'impact de la lumière artificielle sur les insectes, oiseaux nocturnes et chauves-souris. En complément, le spectre lumineux des lampes a été modifié afin de limiter les perturbations comportementales.

Cette approche, expérimentée avec succès sur le terminal multimodal du Havre depuis une dizaine d'années dans le cadre de mesures de réduction, a montré des résultats positifs et tend à être généralisée à plusieurs projets. Elle répond à un double objectif : réduire l'empreinte écologique de l'éclairage tout en optimisant la consommation énergétique du site.

Gestion responsable de la végétation : alternatives et innovations

L'entretien des infrastructures ferroviaires constitue un enjeu majeur pour garantir la sécurité et la fiabilité du réseau tout en intégrant les impératifs environnementaux actuels. Dans ce contexte, HAROPA PORT veille à ce que ses prestataires respectent des prescriptions visant à remplacer progressivement les pratiques traditionnelles de gestion de la végétation aux abords des voies par des méthodes plus respectueuses de la biodiversité et des écosystèmes.

Adoption de méthodes alternatives au glyphosate

Alors que l'utilisation du glyphosate en France fait l'objet de restrictions, les gestionnaires d'infrastructures bénéficient d'une dérogation afin de garantir la sécurité ferroviaire. Cependant, en réponse aux préoccupations environnementales et sanitaires, HAROPA PORT a eu recours à des alternatives à l'utilisation du glyphosate dès 2018. Sur les voies ferrées relevant des directions territoriales de Rouen et du Havre, l'entretien est désormais réalisé à l'aide d'un produit de substitution : l'acide pélargonique, un agent de biocontrôle d'origine végétale, reconnu pour sa biodégradabilité et sa moindre toxicité. Par ailleurs, la direction territoriale de Paris applique, depuis 2018, une politique « zéro phyto », imposant à ses prestataires le recours exclusif à des méthodes mécaniques pour le désherbage des voies, conformément à une approche fondée sur l'élimination des intrants chimiques.

Un traitement ciblé de la végétation

Outre l'abandon du glyphosate, au Havre et à Rouen, HAROPA PORT tend vers une application raisonnée et ciblée des produits phytosanitaires consistant à adapter les quantités et le type de produit utilisé à la nature des végétaux.

Ainsi, l'établissement s'est équipé de dispositifs de vidéosurveillance embarqués sur des « trains désherbeurs » capables d'identifier en temps réel la présence, la nature et la densité des végétaux le long des voies. Ces informations permettent d'adapter le traitement appliqué : des rampes d'aspersion, installées sur les wagons, pulvérisent les produits adaptés aux espèces rencontrées en quantité limitée au plus juste. Cette



Figure 4 : Arrivée d'un train à Port 2000 Le Havre (Source : HAROPA PORT).

Le train, un mode de transport écologique

stratégie différenciée permet non seulement d'optimiser l'efficacité de l'intervention, mais aussi de limiter la quantité de substance utilisée, en évitant les applications systématiques et uniformes.

Une gestion différenciée des espaces verts

Toujours dans un objectif de gestion ciblée, HAROPA PORT a mis en place une gestion différenciée de ses espaces verts sur l'ensemble de son domaine. Concrètement, cela signifie que le traitement de la végétation, et plus particulièrement le fauchage et l'élagage, sont adaptés en fonction de l'utilisation de la zone. Ainsi, les zones pour lesquelles il existe des considérations de sécurité et de sûreté sont entretenues, alors que les interventions humaines sont limitées au strict minimum dans les autres zones. Le long des voies ferrées, les interventions sont réalisées de manière ciblée et proportionnée, privilégiant une gestion conservatoire de la végétation : si une branche représente un risque ou une gêne, elle est élaguée spécifiquement mais l'arbre est conservé.

Cette méthode permet de favoriser la biodiversité locale, et notamment le développement de la faune et de la flore

Conclusion

HAROPA PORT est engagé pour la sécurisation des transports de bout en bout afin d'accompagner voire d'inciter au report modal, qui constitue en soi un premier acte de décarbonation. Grâce aux actions menées, le mode ferroviaire a vu ses volumes et parts modales augmenter de manière continue au cours des cinq dernières années. La réduction des externalités liées au transport ferroviaire est également une préoccupation. Elle repose sur une approche intégrée, combinant éco-conception, entretien raisonné des infrastructures et réduction des impacts sur



Figure 5 : Exemple de fauchage avec gestion différenciée
(Source : HAROPA PORT).

la biodiversité. Ces actions menées par HAROPA PORT visent à systématiser les bonnes pratiques environnementales sur l'ensemble du réseau portuaire.

En continuité, HAROPA PORT projette d'aménager une zone d'avitaillement sécurisée sur le faisceau de Grand-Couronne en réponse à l'interdiction d'avitaillement de bord à bord depuis des camions citerne souvent effectués sans considérations environnementales. Le carburant alternatif Oleo 100, entièrement issu de colza, y sera disponible.

En remplaçant des pratiques à risque par des installations contrôlées, ce projet anticipe les enjeux liés aux rejets accidentels tout en soutenant l'adoption de solutions énergétiques moins carbonées. Cela marque une nouvelle étape dans la réduction des externalités environnementales liées au transport ferroviaire, et tend à rendre ce mode de transport encore plus durable.

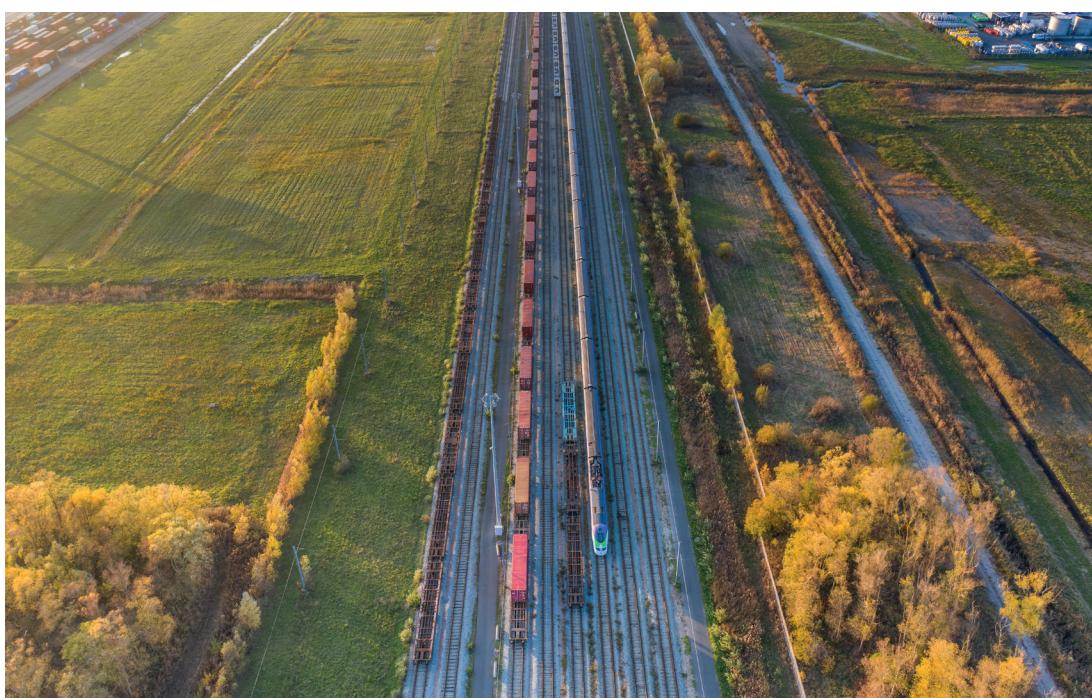


Figure 6 : Faisceau ferroviaire (Source : HAROPA PORT).

Stratégie multiproduit et concurrence intermodale : les nouveaux défis de la grande vitesse ferroviaire

Par Thierry BLAYAC

Professeur de sciences économiques, Université de Montpellier, CNRS, CEEM

Patrice BOUGETTE

Professeur de sciences économiques, Université Côte d'Azur, CNRS, GREDEG

Et Florent LAROCHE

Maître de conférences en sciences économiques, Université de Lyon 2, CNRS, LAET

La libéralisation du transport ferroviaire à grande vitesse en France intervient dans un paysage déjà bouleversé par l'essor du *low cost* et des plateformes numériques. À partir d'une analyse empirique menée sur cinq grands axes avant l'ouverture à la concurrence, cet article met en évidence le rôle central des prix et des fréquences comme leviers stratégiques de l'opérateur historique. Les liaisons rapides et bien équipées associent tarifs élevés et offre dense, tandis que les axes longs et techniquement moins performants présentent des prix plus faibles et des fréquences réduites.

La concurrence intermodale (aérien, autocar, covoiturage) exerce une pression significative sur les prix et l'organisation de l'offre, tandis que la stratégie multiproduit de la SNCF lui permet de segmenter la demande et d'ajuster ses services. Ces résultats éclairent les dynamiques actuelles de la grande vitesse et leurs implications pour les nouveaux entrants.

Au cours de la dernière décennie, le marché français du transport de voyageurs longue distance s'est profondément transformé, sous l'effet conjugué de deux dynamiques majeures. La première tient à l'essor des offres à bas coût, qui ont introduit de nouvelles logiques de segmentation et contribué à redéfinir les frontières traditionnelles entre marchés. La seconde réside dans la montée en puissance des plateformes numériques, qui ont favorisé l'émergence de services innovants, au premier rang desquels le covoiturage, et bouleversé les modes d'intermédiation. Ces évolutions ont conduit à une diversification sans précédent de l'offre : les voyageurs disposent désormais, pour des trajets supérieurs à 100 km, d'une palette élargie de solutions, incluant l'aviation traditionnelle et *low cost*, les trains à grande vitesse (TGV) premium ou *low cost*, les trains conventionnels, les autocars longue distance et le covoiturage.

Dans ce contexte, le présent article entend contribuer à la compréhension des mécanismes de tarification et d'organisation de l'offre ferroviaire. S'appuyant sur une analyse quantitative développée dans un travail antérieur (Blayac *et al.*, 2024), il vise à identifier les déterminants des prix du TGV, en intégrant à la fois le posi-

tionnement relatif de ce mode par rapport aux autres formes de transport et l'impact de la diversification interne au secteur ferroviaire.

L'étude s'ancre dans un contexte particulier : celui qui précède l'ouverture effective à la concurrence sur le marché français du ferroviaire à grande vitesse. Les données, collectées entre septembre 2019 et mars 2020 – soit immédiatement avant la pandémie de Covid-19 – portent sur cinq grands axes, dont quatre nationaux (Paris – Lyon, Paris – Bordeaux, Paris – Toulouse et Paris – Nice) et un international (Paris – Bruxelles). Pour chacun de ces corridors, l'ensemble des options de transport est pris en considération, qu'il s'agisse des prix, des capacités ou des fréquences.

L'article se déploie en cinq temps. La première partie revient sur le contexte du marché de la longue distance ferroviaire et ses évolutions récentes. La deuxième examine les principes de la politique tarifaire ferroviaire. La troisième détaille les données mobilisées et la méthodologie retenue. La quatrième expose les principaux résultats empiriques. Enfin, la cinquième propose une discussion qui met en perspective les enseigne-

ments tirés de la période d'observation avec les transformations intervenues depuis l'ouverture à la concurrence, en particulier au cours de la période 2020-2025.

Une diversification sans précédent des services de transport longue distance

La fin des années 2000 marque une rupture majeure dans le paysage des services de transport longue distance. L'extension du modèle à bas coût, associée au développement des outils numériques a favorisé l'émergence de nouveaux services (Combe, 2011 ; Evans et Schmalensee, 2017). On relève dès 2006 l'apparition de la plateforme BlaBlaCar (d'abord sous le nom de covoiturage.fr) qui démocratise la pratique du covoiturage en France. On note également l'installation de EasyJet (2002) dans l'aérien, ou encore la création par la SNCF de sa filiale *low cost* Ouigo (2013), première du genre dans le monde. Enfin, la libéralisation du marché des autocars en 2015, à la suite de la loi Macron, est venue compléter une offre déjà très diversifiée (Blayac et Bougette, 2020).

Dans ce paysage en recomposition, le TGV occupe une place singulière. Mode historiquement dominant sur la longue distance, il est désormais confronté à un double défi : se positionner face à la concurrence intermodale croissante et ajuster sa propre offre dans le cadre d'une stratégie multiproduct mise en œuvre par l'opérateur historique. Une telle diversification de l'offre soulève plusieurs questions, tant du côté de la demande que de l'offre. Dans cet article, les effets sur la demande ne seront pas abordés. Nous nous intéressons uniquement à l'offre, et plus précisément aux interactions entre les différentes offres en termes de prix et de fréquences. Ce choix est principalement motivé par la nature du jeu de données mobilisé. Nous retenons ainsi deux questions principales à traiter, en prenant le service de train à grande vitesse (TGV) comme point de départ : comment l'introduction d'un service interne à bas coût a-t-elle impacté les prix et les fréquences ? Quels sont les effets sur les prix et fréquences liés à la présence d'alternatives modales, incluant les compagnies aériennes à bas coût, le covoiturage et l'autocar ?

La politique tarifaire du train à grande vitesse dans l'expérience française

Plusieurs éléments sont à prendre en compte pour comprendre les modalités de fixation des prix du TGV. On en retient trois principaux : la régulation publique, la stratégie interne de maximisation des revenus *via* une gestion conjointe des prix et des capacités (*yield management*), ainsi que l'effet des coûts d'infrastructure (redévolances d'accès).

Les tarifs ferroviaires en France sont fixés selon une formule simple qui prend en compte le nombre de kilomètres multiplié par un tarif dégressif, auquel s'ajoute une constante reflétant les coûts fixes inhérents au

transport ferroviaire. Le prix des billets augmente alors avec la distance parcourue, dans la limite d'un plafond tarifaire réglementé. L'ensemble est maximisé selon la technique d'une tarification dynamique. L'entreprise fait varier le prix de vente d'une même place selon divers critères (âge, motif, date de réservation, etc.) sur le modèle de l'aérien. Perennes (2014) montre que cette approche est particulièrement adaptée aux activités économiques caractérisées par des plafonds tarifaires réglementés, des coûts fixes élevés et la production de biens non stockables.

Par ailleurs, l'analyse des prix et des fréquences ne peut faire l'impasse sur le débat autour du coût d'accès à l'infrastructure. La France se distingue du reste de l'Europe par l'adoption d'une tarification tendant vers le coût complet. Dans ce cas, l'usager est considéré comme supportant l'ensemble des coûts générés par l'infrastructure, contrairement à la plupart des autres réseaux européens qui facturent l'accès au coût marginal, le contribuable prenant à sa charge tout ou partie des coûts fixes du réseau (Sánchez-Borràs et López-Pita, 2011).

L'effet des redévolances d'accès devrait donc être perceptible dans notre étude. Pour cette raison, nous distinguons plusieurs périodes horaires. Les prix devraient être plus élevés en heures de pointe, tandis que les trains devraient offrir une capacité accrue.

Périmètre, données et méthode

L'étude quantitative porte sur cinq axes reliant Paris à de grandes métropoles : Lyon, Bordeaux, Toulouse, Nice et Bruxelles. Ces liaisons présentent des profils contrastés en termes de distance, de population et d'infrastructures, permettant d'analyser des situations variées. Bruxelles – Paris constitue un cas particulier en raison de son caractère international et des contraintes techniques spécifiques au rail (Laroche et Guihery, 2013). Lyon et Bordeaux se caractérisent par des distances proches mais une différence de taille urbaine, tandis que Toulouse et surtout Nice se distinguent par leur éloignement et l'absence de ligne à grande vitesse.

La distribution modale (voir le Tableau 1) révèle une domination du rail sur les trajets courts (Lyon, Bordeaux, Bruxelles) et un partage plus équilibré entre ferroviaire et aérien sur les liaisons longues (Toulouse, Nice). Les modes routiers (autocars, covoiturage) demeurent marginaux. Ces données ont été collectées sur 13 journées

Tableau 1 : Distribution des parts modales (en sièges estimés) par liaison (Source : auteurs).

Vers Paris	Train	Air	Autocars	Covoiturage
Lyon	95 %	2 %	3 %	0,1 %
Bruxelles	90 %	1 %	8 %	0,1 %
Bordeaux	89 %	8 %	2 %	0,1 %
Toulouse	45 %	51 %	3 %	0,3 %
Nice	48 %	52 %	0 %	0,1 %

entre septembre 2019 et mars 2020, le mardi (hors vacances, grèves et jours fériés).

L'analyse mobilise un modèle économétrique de type SURE permettant d'expliquer conjointement les prix des billets TGV des 1^{re} et 2^{nde} classe (rapportés au kilomètre) et les fréquences de circulation. Trois ensembles de variables explicatives sont retenus : les caractéristiques techniques des axes (distance, temps de trajet, capacité, fréquence) ; la dynamique concurrentielle (intensité de concurrence entre modes, concurrence premium *vs low cost*, vitesse comme indicateur de qualité de service) ; et des facteurs économiques et démographiques (population, structure par âge, taux de chômage).

Résultats

Les déterminants stratégiques

L'analyse met en lumière une relation étroite entre la tarification et la fréquence des services TGV, lesquelles apparaissent comme les deux instruments principaux de la stratégie déployée par l'opérateur ferroviaire historique. Dans l'ensemble, les prix au kilomètre diminuent avec la distance, ce qui reflète une compétitivité moindre du TGV sur les longs trajets. À l'inverse, la vitesse moyenne accroît significativement le niveau tarifaire : les liaisons rapides, bénéficiant d'infrastructures dédiées et d'un nombre limité d'arrêts, telles que Bruxelles – Paris ou Lyon – Paris, se situent parmi les plus onéreuses, tandis que les axes plus longs et techniquement moins performants, comme Nice – Paris ou Toulouse – Paris, se caractérisent par des prix sensiblement plus modérés. Les différences entre classes sont également marquées par des facteurs socio-économiques : la présence d'une proportion importante de jeunes contribue à une baisse du prix en première classe, traduisant une sensibilité accrue à la concurrence intermodale, alors que la taille du marché exerce, conformément à la logique gravitaire, un effet haussier. En seconde classe, le taux de chômage s'avère principalement déterminant, les territoires plus fragiles économiquement étant associés à des prix plus faibles.

La fréquence des services suit une dynamique similaire. Elle est positivement corrélée à la vitesse et négativement affectée par la durée du trajet, ce qui confirme l'avantage compétitif du TGV sur les liaisons inférieures à deux ou trois heures. Au-delà de ce seuil, l'offre se raréfie et ouvre la voie au développement d'alternatives modales, qu'il s'agisse de l'aérien à bas coût, des bus longue distance ou du covoiturage. Les variables démographiques contribuent également à expliquer l'intensité de l'offre : la taille des villes reliées et la proportion de personnes âgées de 60 à 74 ans renforcent la fréquence des dessertes, alors qu'une forte présence de jeunes est associée à une offre moins dense, ceux-ci se tournant plus volontiers vers des solutions de transport flexibles et économiques.

Les effets de la concurrence intermodale

Au-delà de ces déterminants stratégiques prix-fréquence, le rôle de la concurrence intermodale appa-

raît central. La présence d'une offre alternative solide tend à contenir le prix au kilomètre du TGV, en particulier en première classe, alors qu'en l'absence de concurrents organisés, l'opérateur historique dispose d'une latitude accrue pour exploiter sa position monopolistique et pratiquer des tarifs plus élevés. Sur le plan de l'offre, la concurrence de l'aérien à bas coût se traduit par une réduction de la fréquence des TGV, notamment sur les axes longs.

À côté de cette contrainte concurrentielle externe, il convient de souligner la logique propre de stratégie multiproduct mise en œuvre par la SNCF. L'opérateur historique segmente en effet son portefeuille en combinant TGV premium, TGV *low cost*, trains conventionnels et régionaux, dans une optique de différenciation tarifaire et de gestion des capacités. Cette segmentation produit des effets notables : la présence d'une offre *low cost* exerce une pression à la baisse sur le prix de la première classe, sans impact significatif sur la seconde, ce qui illustre une stratégie de remplissage visant à maintenir l'attractivité de la clientèle premium. De même, la diversification des produits ferroviaires se traduit souvent par une réduction de la fréquence des TGV conventionnels, ceux-ci étant partiellement substitués par des services moins coûteux mais complémentaires dans le portefeuille global de l'opérateur.

Conclusion

Les résultats présentés dans la partie précédente révèlent une cohérence d'ensemble, dans un contexte ferroviaire alors à la veille de son ouverture à la concurrence. Les axes rapides et bien équipés associaient prix plus élevés et fréquence soutenue, tandis que les liaisons longues et techniquement moins performantes cumulaient prix plus faibles et offre réduite. La concurrence intermodale contraint significativement la politique tarifaire et organisationnelle, tandis que la stratégie multiproduct de l'opérateur historique permettait d'ajuster finement l'offre et de segmenter la demande.

Les résultats mettent en lumière la stratégie multiproduct adoptée par l'opérateur historique, qui diversifie davantage son offre sur les axes à fort potentiel de demande. Cependant, il subsiste une marge pour augmenter la fréquence. La stratégie de l'opérateur semble viser à discriminer la demande afin de maximiser les profits et à occuper tous les créneaux disponibles pour freiner l'arrivée de nouveaux concurrents. Il est clair qu'il existe une place pour de nouveaux opérateurs sur ces axes afin de proposer des services TGV et ainsi accroître la fréquence globale. À l'inverse, sur les axes à plus faible potentiel de marché, où l'offre est moins diversifiée, de nouveaux entrants pourraient saisir des opportunités négligées par l'opérateur historique.

Depuis l'ouverture à la concurrence de la grande vitesse ferroviaire en France à partir de 2020, la situation n'a guère évolué, du moins en termes de stratégies de positionnement des opérateurs étrangers. Sur les liaisons pour lesquelles la grande vitesse présente un avantage comparatif vis-à-vis des autres modes (par exemple la ligne Lyon – Paris), la concurrence intra-modale s'exerce via le levier de la qualité de service et

a donc un faible impact sur les prix et les fréquences. *A contrario*, pour les autres liaisons (par exemple Marseille – Paris), la concurrence intramodale semble s'exercer *via* les prix et les fréquences. S'il est encore trop tôt pour dresser un bilan définitif des effets de cette concurrence, il apparaît néanmoins que la stratégie multiproduct de l'opérateur historique s'avère efficace pour entraîner les nouveaux entrants sur le terrain incertain d'une rentabilité fragile. Or, à terme, une telle orientation pourrait freiner l'élargissement de la clientèle du train et constituer un obstacle supplémentaire à l'atteinte de l'objectif collectif de neutralité carbone dans le secteur des transports.

Bibliographie

- BLAYAC T., BOUGETTE P. & LAROCHE F. (2024), "An analysis of intermodal competition and multiproduct incumbent's strategies in the French market: what drive high-speed trains' prices and frequencies?", *Transport Policy*, 156, pp. 25-42.
- BLAYAC T. & BOUGETTE P. (2020), « Le marché des bus longue distance en France : ouverture, consolidation et perspectives intermodales », *Transports - Infrastructure & Mobilités*, n°521, mai-juin, pp. 38-42.
- COMBE E. (2011), *Le low cost*, Paris, La Découverte.
- EVANS D.S. & SCHMALENSEE R. (2017), *De précieux intermédiaires : Comment BlaBlaCar, Facebook, PayPal ou Uber créent de la valeur* (trad. fr.), Paris, Odile Jacob.
- LAROCHE F. & GUIHÉRY L. (2013), "European rail traffic management system (ERTMS): Supporting competition on the European rail network?", *Research in Transportation Business & Management*, 6, pp. 81-87.
- PERENNES P. (2014), "Intermodal competition: studying the pricing strategy of the French rail monopoly", *Transport Research Arena*, avril, <https://hal.science/hal-01272287/> document
- SÁNCHEZ-BORRÀS M. & LÓPEZ-PITA A. (2011), "Rail infrastructure charging systems for high-speed lines in Europe", *Transport Reviews*, 31(1), pp. 49-68.

L'économie circulaire au service de l'écosystème ferroviaire

Par Cyrille BLARD

SNCF réseau

Le transport ferroviaire est objectivement une solution aux enjeux de transition écologique. Les impacts sur la gestion de l'infrastructure ferroviaire doivent être cohérents et doivent être exemplaires. L'intégration de l'économie circulaire ferroviaire est un enjeu de sécurisation de nos approvisionnements en matières tout en diminuant les externalités négatives environnementales.

C'est une preuve qu'économie et écologie peuvent être compatibles et pertinentes dans le cadre d'un transport très bas carbone. L'économie circulaire est une opportunité de repenser nos relations avec nos parties prenantes, fournisseurs et prestataires. L'économie circulaire... c'est du bon sens industriel.

Le secteur ferroviaire incarne une solution de transport durable, offrant une alternative écologique aux modes de déplacement plus polluants. Sa durabilité ne se limite pas à son utilisation, elle s'étend également à ses pratiques d'entretien et de régénération. Cet article met en exergue une double vertu du ferroviaire : non seulement lors de sa phase d'utilisation, il contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais il s'engage également dans des processus de régénération du réseau respectueux de l'environnement et soucieux de préserver les ressources naturelles.

Au cœur de cet enjeu de renouvellement durable du réseau se trouve le concept d'économie circulaire. L'article met en lumière comment l'économie circulaire commence à s'intégrer dans le processus global de régénération industrielle du secteur ferroviaire. Plutôt que de poursuivre un modèle linéaire de production, de consommation, d'utilisation et d'élimination, le ferroviaire favorise l'allongement de la durée d'usage, le réemploi, le recyclage et la réduction des déchets à la source.

L'enjeu de l'économie circulaire est de sécuriser nos approvisionnements en matières et de diminuer les externalités négatives de la gestion de l'infrastructure ferroviaire. Le réseau ferroviaire n'est plus qu'une infrastructure de transport mais un capital matière pour sa régénération et sa maintenance.

Par des exemples concrets, nous démontrerons comment l'économie circulaire renforce notre modèle industriel, offrant des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux significatifs. Pour réussir ce défi, il nous a fallu nous remettre collectivement en question, revisiter nos acquis techniques, faire preuve d'écoute pour dégager des solutions viables, fruit d'un travail collectif entre ingénieur, manager de projet et logisticien.

L'économie circulaire dans le ferroviaire

L'économie circulaire vise à minimiser les déchets et à prolonger la durée de vie des produits par le réemploi, la réutilisation et le recyclage. Les produits sont maintenus en circulation le plus longtemps possible, réduisant ainsi l'extraction de nouvelles ressources et l'impact environnemental. Les principes clés incluent :

- conception durable : les produits sont conçus pour être plus durables, faciles à réparer, à réemployer, à réutiliser et à recycler en fin de vie ;
- optimisation de l'utilisation des ressources : maximiser l'efficacité de l'utilisation des ressources tout au long de la chaîne de valeur, depuis la production jusqu'à la consommation ;
- prolongation de la durée de vie des produits : encourager la maintenance, la réparation, le réemploi et la mise à niveau des produits pour prolonger leur durée de vie utile ;
- recyclage : une fois qu'un produit atteint la fin de sa vie utile, ses matériaux sont récupérés et réutilisés dans la production de nouveaux produits ;
- boucles fermées : assurer que les flux de matériaux restent à l'intérieur du système économique, minimisant les déchets et l'utilisation de nouvelles ressources.

Dans le secteur ferroviaire, ces principes se traduisent par le retraitement du ballast en vue de son réemploi ou son recyclage (co-produits et ballast non-éligible), le réemploi industrialisé des rails ou leur recyclage, et l'utilisation de matériaux conservés pour la maintenance ou la construction d'infrastructures.

L'intégration de la réparation et des produits « d'occasion » est un des enjeux pour le ferroviaire. Historiquement, les Établissements Industriels de la

Le ferroviaire doit limiter son propre impact écologique

Voies ont toujours pratiqué la réparation et le réemploi des matériaux ferroviaires. L'émergence de nouveaux enjeux est essentiellement due soit à des risques d'obsolescence technologique chez nos fournisseurs ou de pénurie, soit à des pratiques locales d'opportunité. Il est important d'industrialiser et de normer ces pratiques.

Les innovations technologiques jouent un rôle central dans l'amélioration des pratiques d'économie circulaire. Des technologies avancées de tri et de traitement permettent une meilleure valorisation des composants de la voie ferrée. Des systèmes de surveillance et de maintenance prédictive identifient les composants ferroviaires en fin de vie avant qu'ils ne deviennent défaillants, permettant leur remplacement proactif. Ces innovations prolongent la durée de vie des infrastructures ferroviaires et réduisent leur empreinte environnementale.

Optimisation industrielle par l'intégration de l'économie circulaire au sein des chantiers de régénération industrielle

Pour comprendre ce qui a amené SNCF Réseau à développer des pratiques d'économie circulaire dans la régénération industrielle, il est essentiel de rappeler les ordres de grandeur des produits déposés lors du renouvellement d'un kilomètre de voie. Chaque kilomètre de voie génère entre 1 500 et 2 000 tonnes de vieux ballast (équivalent à 50-70 camions), 300 à 400 tonnes de traverses en béton armé (TBA) (10 à 15 camions), 100 à 120 tonnes de rail et 5 tonnes de menu matériel (4 à 5 camions). Ces chiffres illustrent l'importance de la gestion de ces produits de dépose pour réduire l'impact environnemental et optimiser les ressources, notamment sur le segment le plus volumineux, le ballast.

En réduisant la consommation de matériaux neufs sans impacter les travaux, nous avons considérablement amélioré l'efficacité opérationnelle tout en minimisant les coûts et l'espace nécessaire à certaines activités de régénération. Ces exemples, tels que le retraitement du ballast, le réemploi des rails ou leur recyclage dans une boucle courte, la récupération des petits matériaux, le concassage des traverses en béton et le colisage pour réemploi de traverses en bois, illustrent comment cette approche renforce et complète le modèle industriel existant, contribuant ainsi à des opérations ferroviaires plus durables et économiquement viables.

Dans le cadre de l'économie circulaire, diverses pratiques ont été mises en place pour maximiser la réutilisation et le recyclage des matériaux, même en dehors du ferroviaire. C'est aussi cette bonne pratique qui nous permettra d'atteindre la cible du zéro déchet et créer de la valeur territoriale pour d'autres activités :

- les coproduits issus du retraitement du ballast usagé trouvent un usage routier ou de génie civil ;
- les traverses en béton armé (TBA) sont concassées afin d'être transformées en grave béton et leur ferraille est destinée aux aciéries ;
- les traverses en bois (TB) sont valorisées énergétiquement ;
- les matériaux ferreux du menu matériel sont triés par nuances pour le développement de nouvelles filières ;
- les plastiques et caoutchoucs sont eux aussi triés et envoyés dans des filières spécialisées.

La suite de l'article se concentrera sur l'économie circulaire des produits issus du ferroviaire pour le ferroviaire, illustrant ainsi un cycle de vie complet et durable, centre de l'action engagée au sein de SNCF Réseau.



Figure 1 : Unité de retraitement de ballast (© Talel Hamdani - AFC Recycling).



Figure 2 : Stockage du vieux rail avant envoi en aciérie (© SNCF Réseau).

Ballast : le réemploi industrialisé du premier produit de dépose

Nous commencerons par le cas remarquable du retraitement du ballast. Ce segment stratégique démontre à lui seul comment l'économie circulaire renforce et complète le modèle industriel actuel.

Les quantités de ballast retirées de la voie sont on l'a vu considérables, or, seulement une partie du ballast subit des contraintes importantes, mais l'essentiel sert à assurer la voie avec une fonction de drainage. Le ballast usagé a donc globalement été peu sollicité mécaniquement. Il peut être retraité pour produire du ballast « équivalent neuf » à destination de différents types de ligne : Ligne à Grande Vitesse, ligne classique et Ligne de Desserte Fine du Territoire ou voie de service. L'application des mêmes exigences de qualité au ballast retraité qu'au ballast neuf a conduit à la réécriture du référentiel ballast, éliminant les restrictions à l'emploi du ballast retraité. Cela simplifie grandement la mise en voie d'un ballast retraité de très haute qualité.

Quels sont les impacts de cette pratique ? En moyenne, deux tonnes de vieux ballast peuvent être transformées en une tonne de ballast retraité plus une tonne de coproduit réutilisable directement. Nous réduisons ainsi l'extraction de roche naturelle et préservons les ressources pour les générations futures. Cela induit un effet considérable sur la logistique liée à ce produit car une tonne de ballast retraité équivaut à deux tonnes de ballast qu'il n'est pas nécessaire de transporter : une tonne de ballast neuf qui n'est pas approvisionnée et une tonne de vieux ballast qui n'est pas évacuée. Nous diminuons alors drastiquement la dégradation des voiries routières, les multiples nuisances pour les riverains et l'émission de CO₂ liée au transport.

En produisant du ballast retraité, les surfaces nécessaires pour les stocks de ballast neuf et ancien sont maîtrisées : une installation de 400 m² complétée de 600 m² de stocks permettent de produire 50 % des besoins en ballast d'un chantier. La production en flux tendu de ballast retraité génère ainsi une diminution du volume stocké de ballast neuf.

Lorsqu'il est éligible, nous savons retraiter 100 % du ballast retiré de la voie chaque jour, tout en limitant les nuisances et en optimisant l'efficacité opérationnelle. En 40 mois – de juin 2020 jusqu'à octobre 2023 – la transformation des processus de production a été bouclée, avec des marchés attribués pour 2025-2030. Demain, 100 % des marchés de RGI (Renouvellement du Grand Itinéraire) incluront le retraitement du ballast. Chaque année entre 2025 et 2030, le programme de production est évalué entre 250 000 et 300 000 tonnes de ballast retraité. La clé de ce succès réside dans la valorisation des matériaux usagés, la réévaluation des échecs passés et la fixation d'objectifs clairs : garantie de performance et de qualité, limitation des surfaces utilisées, maîtrise de la production de déchets, et consommation très limitée en eau.

Rail : réemploi et boucle courte pour une démarche complète

Le remplacement industrielisé du rail étant en forte augmentation, les enjeux économiques sont cruciaux et l'impact carbone du segment est significatif. Pour répondre à ces enjeux, une gestion circulaire s'impose. SNCF Réseau a adopté deux stratégies complémentaires pour maximiser la valorisation du rail et réduire l'empreinte écologique du réseau.

Tout d'abord, SNCF Réseau réemploie industriellement les rails grâce à l'Établissement Industriel de la Voie de Saulon-la-Chapelle. Cet établissement joue un rôle central dans la régénération des rails usagés. Les rails récupérés sont inspectés, triés et traités pour être réutilisés dans des sections de voie moins critiques ou à usage secondaire. Ce processus de réemploi industriel permet de prolonger la durée de vie des rails, de diminuer les déchets et de réaliser des économies significatives.

Ensuite, SNCF Réseau valorise la matière des rails en les acheminant en aciérie afin qu'ils entrent dans la composition de blooms destinés à fabriquer de nouveaux rails. En 2024, ce sont plus de 50 000 tonnes de vieux rails qui ont été envoyées dans ce processus, nommé « Rail Vert ». Cette stratégie permet de préserver la qualité du matériau tout en réduisant la nécessité

d'extraire de nouvelles ressources. La refonte des rails usagés diminue l'impact environnemental lié à l' extraction de nouvelles matières premières.

Nous ambitionnons à court terme de devenir fournisseur de matière première secondaire pour nos fournisseurs sur des segments clés.

Traverses béton et bois : l'anticipation au cœur de la démarche d'économie circulaire

SNCF Réseau a mis en place des pratiques d'économie circulaire pour maximiser la valorisation des traverses en béton (TBA) et en bois (TB).

Chaque année, environ un million de TBA sont déposées. Plutôt que de les envoyer systématiquement en concassage, SNCF Réseau développe un processus visant le réemploi. Pour y parvenir, une exigence dans le cadre des nouveaux marchés est l'utilisation de trains de substitution en capacité de réaliser une dépose soignée. Ces trains doivent être équipés pour retirer les traverses en béton réemployables de manière efficace et sans endommager les matériaux, ce qui est essentiel pour leur futur réemploi.

Les traverses en bois font également l'objet de pratiques de valorisation. Le processus de gestion circulaire commence par le colisage des traverses pouvant



Figure 3 : Stock de traverses en béton en attente de concassage (© SNCF Réseau).

être réemployées. Celles qui ne peuvent pas l'être sont broyées et envoyées en filière de cogénération.

Conclusion

Une gestion efficace des produits de dépose réduit la masse des évacuations à réaliser et les coûts associés. La réduction des coûts et de la masse des approvisionnements est intrinsèquement liée à notre capacité à récupérer et réemployer ces produits de dépose. Cette approche de réemploi à grande échelle ouvre la voie à une utilisation plus efficace des ressources disponibles.

Les exemples présentés dans cet article montrent clairement que l'économie circulaire offre des avantages significatifs, tant sur le plan économique qu'environnemental. D'autres exemples comme la recyclerie ferroviaire, les carrières artificielles... n'ont pas été présenté mais illustrent comment des approches innovantes et maîtrisées peuvent transformer les défis en opportunités.

La transition vers une économie plus circulaire permet de prolonger la durée de vie en bon état des infrastructures, de réduire les déchets et d'optimiser les ressources. Ces efforts soutiennent une industrie plus résiliente, capable de répondre aux exigences environnementales et économiques de notre époque et de demain.

Pour pérenniser ces avancées, il est crucial que les acteurs du secteur continuent de collaborer, d'innover et d'investir dans des solutions durables. Une stratégie ciblée, adaptée aux différents types de matériel et segments ferroviaires, permettra de transformer durablement nos pratiques. Dans un monde fini, soumis à un régime de crises permanent, changer son regard sur la matière est indispensable pour pérenniser notre activité et soutenir notre développement.

L'enjeu de l'économie circulaire est à moyen et long terme. Le bon sens est redevenu moderne et « industrialisable » grâce à des partenariats alliant grands groupes, PME et donneurs d'ordres. L'optimisation de la matière et l'anti-gaspillage sont des valeurs qui doivent alimenter nos processus de production et nourrir notre ingénierie. L'intégration de l'économie circulaire dans l'industrie est une preuve qu'économie et écologie peuvent être compatibles et pertinentes dans le cadre d'un transport très bas carbone. L'économie circulaire... c'est du bon sens industriel.



Figure 4 : Stock de panneaux de voie (© SNCF Réseau).

Gestion des impacts du ferroviaire sur la biodiversité

Par Pierre-Edouard GUILLAIN

Directeur général délégué Police, Connaissance, Expertise de l'Office français de la Biodiversité (OFB)

Si le transport ferroviaire présente des avantages reconnus en matière de gaz à effet de serre, ses infrastructures peuvent avoir des impacts sur la biodiversité par la fragmentation des milieux, la pollution ou la propagation d'espèces exotiques envahissantes. L'identification de ces impacts, tant en phase de construction que d'exploitation, est nécessaire, et des mesures existent pour les réduire ou les supprimer. Le réseau peut aussi présenter des opportunités de restauration, en particulier par le développement de potentialités favorables aux pollinisateurs, par exemple. L'Office français de la biodiversité apporte à ce titre un accompagnement par ses outils et ses connaissances.

Présentation de l'OFB

L'Office français de la Biodiversité (OFB), créé le 1^{er} janvier 2020, est un établissement public de l'État dédié à la protection de la biodiversité et de la ressource en eau. Il est placé sous la tutelle des ministres chargés de l'Environnement et de l'Agriculture. Olivier Thibault en est le directeur général depuis 2023.

L'OFB est au cœur de l'action pour la préservation du vivant dans les milieux aquatiques, terrestres et marins. Il joue un rôle essentiel pour lutter contre l'érosion de la biodiversité face aux pressions comme la destruction et la fragmentation des milieux naturels, les diverses pollutions, la surexploitation des ressources naturelles, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes ou encore les conséquences des dérèglements climatiques.

L'établissement public travaille en mobilisant un ensemble d'acteurs, de décideurs et de citoyens autour de la biodiversité : État, collectivités territoriales, associations, entreprises, scientifiques, agriculteurs, pêcheurs, chasseurs, pratiquants des sports de nature... Un rôle de levier indispensable à la réduction des pressions exercées sur la faune, la flore et leurs habitats.

Face aux enjeux de biodiversité, l'Office français de la Biodiversité remplit trois types de missions : connaître, accompagner et protéger.

La raison d'être de l'OFB, la finalité de toutes ses actions, est de « Protéger le vivant, préserver notre avenir ».

Les lignes ferroviaires se sont inscrites dans nos paysages depuis maintenant plus d'un siècle et le réseau continue à se développer en France. Comme toute infrastructure, les lignes ferroviaires et leurs annexes techniques ou commerciales ont des impacts sur l'environnement qu'elles traversent. Ces impacts concernent trois des cinq pressions identifiées par la plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES, équivalent du GIEC pour la biodiversité) : changement d'usage des terres, pollution,

espèces exotiques envahissantes. Ces impacts sont bien évidemment à appréhender dans une approche globale au regard des gains environnementaux attendus des ouvrages de transport ferroviaire en matière d'émissions polluantes du secteur des transports. La mesure 17 du plan d'actions de la Stratégie nationale biodiversité 2030 comporte ainsi des mesures pour les infrastructures ferrées visant à réduire leurs impacts sur l'eau et la biodiversité mais aussi à favoriser des actions de restauration des milieux.

Le ferroviaire doit limiter son propre impact écologique

La construction des lignes face à l'importance des besoins de compensation

Si le réseau ferroviaire a diminué sensiblement depuis 2012 avec l'abandon de nombreuses lignes anciennes, le réseau à grande vitesse s'est accru de près de 750 km depuis une dizaine d'années. Ces lignes vont traverser et transformer des espaces naturels et donc avoir des impacts. Dans le cadre de la démarche « Éviter, Réduire, Compenser », le choix du tracé, compte tenu des impératifs techniques (courbure, pente, évitement des zones habitées...) doit viser à réduire l'impact en évitant les zones les plus sensibles. La sécurité accrue des lignes ferroviaires, notamment la clôture des lignes, aggrave leur impact en faisant de ces zones de véritables barrières pour la faune. La circulation sur des talus modifie aussi la circulation des eaux et artificialise partiellement certains cours d'eau, nécessitant leur busage. Le renforcement de la connaissance des zones à enjeu est donc une nécessité pour les aménageurs. Le développement de programmes de cartographie nationale comme celle des habitats naturels (programme CarHab¹) ou de manière plus ancienne la désignation de zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF²) est indispensable pour guider les aménageurs dans cette étape essentielle. La réduction est recherchée par la mise en place de solutions techniques qui vont assurer notamment la « transparence écologique » de l'infrastructure avec des ponts pour la faune sauvage, souvent appelés « éco-ponts » ou les passages souterrains permettant le maintien de la circulation de l'eau et des espèces inféodées. L'analyse des retours d'expérience sur ces infrastructures (par exemple, banquettes à l'outrre, substrats des éco-ponts...) est essentielle pour améliorer leur conception et leur efficience. C'est notamment une des missions du Réseau européen sur les infrastructures et l'écologie (IENE). En France, le programme de recherche ITTECOP, piloté par le ministère chargé de l'Environnement et des Transports, lance des appels à projets qui contribuent à identifier des solutions pour répondre à ces défis. L'Office français de la Biodiversité (OFB) a ainsi soutenu ces appels à projets en 2024 aux côtés de l'Ademe, du club infrastructures linéaires et biodiversité, de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, de Mirova et d'Engie.

Pour autant, même en cherchant l'optimisation des tracés au regard des impacts écologiques et en réduisant l'effet de coupure de l'infrastructure, il existe des impacts qui ne peuvent être ni réduits ni évités, tant pendant la phase de travaux que pendant la phase d'exploitation de la ligne. Même dans un tissu considéré comme fortement urbanisé, des impacts sur des espèces protégées peuvent être rencontrés. À titre d'exemple, le dossier de dérogation de la ligne Charles de Gaulle Express de 2018 entre Paris et l'aéroport Charles de Gaulle comportait une demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'habitats ou d'indi-

dus d'espèces protégées pour une espèce de flore vasculaire, 40 espèces d'oiseaux nicheurs et 30 espèces d'oiseaux migrateurs, une espèce d'amphibien, deux de reptiles, douze de mammifères (dont 10 de chiroptères). Pour la ligne Bretagne Pays de Loire, les mesures compensatoires prises ont concerné 915 hectares au total répartis sur 245 sites dans les 3 départements traversés par la ligne à grande vitesse. Pour la future ligne Bordeaux – Toulouse un pré-programme de mesures compensatoires de 1 000 à 1 750 hectares a été présenté dans le dossier d'enquête publique.

Cette possibilité de déroger à la protection des espèces en accordant des dérogations sous réserve de compensation n'est possible que parce que ces infrastructures justifient d'une raison impérative d'intérêt public majeur. Autrement dit, c'est parce qu'elles apportent une plus-value majeure à d'autres enjeux d'intérêt collectif (qualité de l'air, réduction de gaz à émission de serre (GES), développement économique...) que la construction de ces infrastructures justifie de pouvoir attenter à des espèces protégées. Le ferroviaire, par ses qualités intrinsèques de transport collectif à faible émission de GES, justifie le plus souvent cet intérêt, contrairement à des projets routiers pour lesquels l'analyse est souvent plus contestée, comme le montre le débat sur l'autoroute A69.

Du fait de l'importance des compensations souvent nécessaires dans le cadre de lignes ferroviaires, portant sur différents milieux et sur une aire potentielle pouvant concerner plusieurs départements, les besoins doivent être anticipés le plus possible en amont. Pogéis, développé par l'OFB, est une application qui permet d'identifier et de mobiliser le foncier à fort potentiel de gain écologique, en France hexagonale. Collaboratif et gratuit, cet outil facilite la mise en relation entre les détenteurs de foncier (collectivités, entreprises, etc.) et les porteurs de projets de restauration écologique comme les aménageurs. Les terrains référencés dans Pogéis par leurs propriétaires bénéficient d'une analyse automatisée : Pogéis qualifie leurs enjeux environnementaux, ainsi que leur marge de progrès en termes de biodiversité. Le tout est compilé dans des fiches descriptives, qui peuvent être consultées et enrichies par les utilisateurs de l'application. En première approche, cette analyse contribue à identifier et prioriser les terrains sur lesquels la restauration écologique sera la plus pertinente ; l'analyse doit ensuite être complétée et confirmée par une expertise terrain, ce qui permettra ensuite aux aménageurs de pouvoir identifier des sites présentant des potentialités de gain écologiques sous réserves de restauration.

Un autre outil, introduit dans la loi biodiversité de 2016 et amélioré dans le cadre de la loi Industries vertes, permet de disposer de mesures de compensation déjà identifiées voire mises en œuvre et commercialisées sous la forme d'unités. Il s'agit des sites naturels de restauration et de renaturation. Commercialisés par la Caisse des dépôts et consignations, de grands propriétaires fonciers ou des bureaux d'études, ils permettent d'externaliser la recherche de sites de compensation, leur gestion et de démarrer très vite les travaux.

¹ <https://inpn.mnhn.fr/programme/carhab>

² <https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation>

L'entretien du réseau, savoir concilier des enjeux dans le temps et dans l'espace

L'entretien du réseau ferroviaire est nécessaire pour sa bonne exploitation et est contraint tant par des mesures de sécurité que des créneaux d'intervention pour ne pas trop pénaliser l'exploitation commerciale de l'infrastructure.

À aussi, les mesures d'entretien doivent être réfléchies aussi au regard de leur impact potentiel sur l'environnement. Le premier défi auquel sont confrontés les gestionnaires est l'utilisation de produits phytosanitaires pour contrôler plus facilement le développement de la végétation sur les voies. L'entretien des voies ferroviaires reste un des domaines dit JEVI pour « Jardins, Espaces Végétalisés et Infrastructures » pour lesquels il n'a pas encore été possible d'atteindre le « Zéro phyto ». Pour autant, les changements de substance (utilisation de l'acide pélargonique et fin du glyphosate) ou l'acquisition de nouveaux matériels de traitement ont permis une réduction importante du NODU, l'indicateur qui permet un suivi du recours aux produits phytopharmaceutiques. Le NODU s'affranchit des substitutions de substances actives par de nouvelles substances efficaces à plus faible dose puisque, pour chaque substance, la quantité appliquée est rapportée à une dose unité (DU) qui lui est propre. SNCF Réseau publie les données relatives aux produits utilisés et suit le NODU. Entre 2009 et 2023, le NODU a ainsi diminué de 97 % quand le NODU agricole est resté quasiment stable sur la même période.

Un autre enjeu lié à la maîtrise de la végétation sur les voies concerne les espèces exotiques envahissantes. Par leur continuité, leur linéaire, les travaux réalisés, les infrastructures linéaires peuvent présenter des moyens de propagation importants d'espèces exotiques envahissantes. Ces dernières sont aussi un danger pour l'exploitation du réseau en déstabilisant des infrastructures ou en cachant des signaux. Le Buddleja (*Buddleja davidii*) comme l'Ailanthe (*Ailanthus altissima*) font partie maintenant des paysages ferroviaires malgré leur caractère envahissant et les risques associés quand bien même, pour le Buddleja, leur attractivité pour les polliniseurs ou leur beauté pourraient faire croire à des plantes apportant des bénéfices. Si pour ces deux plantes, leur répartition actuelle, bien au-delà du domaine ferroviaire, ne permet plus une lutte visant à les éradiquer sur les zones envahies, la recherche continue sur d'autres espèces. Ainsi en 2026, le programme de Recherche sur les Espèces Exotiques Végétales Envahissantes (REEVES) porté par SNCF Réseau devrait voir ses travaux se terminer sur 5 espèces pour lesquelles le programme prévoit de proposer des solutions de gestion. Ce type de programme est capitalisé dans le centre de ressources³ sur les espèces exotiques envahissantes coordonné par l'OFB et le comité français de l'Union internationale pour la Conservation de la nature.

La gestion de la végétation sur les voies ferroviaires pose enfin la question des interventions sur les arbres de bord de voie ou la végétation arbustive. En 2022, les incidents en lien avec la végétation ont généré plus de 336 000 minutes de retard. Les obligations légales de débroussaillage imposent aussi pour la prévention des feux de forêt des opérations particulières. L'entretien des abords de voie ferrée, tant par SNCF Réseau que par les riverains revêt donc un enjeu de sécurité important. Cependant, comme pour toute intervention sur les lisières, zones écologiques sensibles car en interface, ces travaux nécessitent une attention particulière pour ne pas avoir d'impact sur les espèces protégées qui peuvent y trouver un gîte. C'est le cas des oiseaux ou des chiroptères. Cela nécessite d'une part de connaître les espèces protégées ou du moins de repérer les habitats les plus probables comme les cavités dans les arbres pour établir une stratégie adaptée (travailler sur une partie seulement de l'arbre, par exemple). Cela conduit aussi à prévoir ces travaux au moment où l'impact est le moins fort, c'est-à-dire en dehors des périodes de nidification. Pour autant, le volume de travail à réaliser et les urgences peuvent nécessiter d'intervenir pendant ces périodes. Il est donc nécessaire dans ces cas de cibler les zones à moindre enjeux ou de cibler les interventions pour éviter de toucher des habitats complets. Au-delà, cela conduit à développer une stratégie de gestion de la végétation en abord de la voie ferrée qui aille au-delà des premiers mètres en privilégiant des lisières stratifiées. Un avantage aussi pour la biodiversité qui bénéficie ainsi d'une transition entre deux espaces plus favorables, permettant l'expression de milieux de transition souvent plus intéressants.

La restauration des milieux, un enjeu aussi pour le domaine ferroviaire

L'Union européenne s'est engagée, conformément aux orientations du cadre mondial pour la biodiversité, dans une politique ambitieuse de restauration de la nature. Cette restauration est justifiée par les bénéfices attendus sur le fonctionnement des écosystèmes et des services que nous en tirons : qualité de l'air, de l'eau, captation de carbone, paysage...

Le réseau ferroviaire présente de nombreuses opportunités de restauration. En particulier, tout le réseau ancien peut présenter des ruptures de continuité écologiques qui peuvent être restaurées par des mesures adaptées. Un autre enjeu important est de pouvoir favoriser, par une gestion adaptée, les surfaces favorables aux polliniseurs.

La reconquête de la biodiversité est avant tout une question d'intégration dès l'amont des réflexions dans les politiques sectorielles. Le domaine ferroviaire est pleinement concerné par cet enjeu et illustre que l'on peut mener une politique de décarbonation d'une économie tout en répondant aux enjeux de biodiversité. Il est donc très important de mieux valoriser les réussites dans ces domaines pour montrer qu'il est possible de concilier pleinement ces différentes politiques publiques.

³ <https://especes-exotiques-envahissantes.fr/>

Les trains à grande vitesse Avelia d'Alstom, entre innovations technologiques et illustration de la responsabilité sociétale du groupe

Par Véronique ANDRIÈS

Vice-présidente Sustainability & CSR d'Alstom

Et Gaku KAWABE

Vice-président de la plateforme Grande Vitesse d'Alstom

Alstom place la responsabilité sociétale au centre de sa stratégie, avec une approche intégrée dans toutes ses activités. L'entreprise vise à être un acteur de la mobilité durable, en alignant ses actions sur les Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations unies. Éco-conception, recyclabilité, efficacité énergétique, diminution du coût de maintenance, ou encore développement des réseaux de fournisseurs, tout en garantissant leur performance et le confort des voyageurs : aux États-Unis comme en France, les nouveaux trains à grande vitesse Avelia illustrent nos engagements.

La responsabilité sociétale des entreprises constitue un pilier stratégique fondamental pour le groupe Alstom. L'entreprise s'engage résolument sur le plan environnemental, en visant la neutralité carbone sur l'ensemble de sa chaîne de valeur d'ici 2050, en atteignant une réduction de plus de 40 % des émissions pour les Scopes 1 et 2 – celles des sites d'Alstom, tout en prenant des engagements clairs sur le Scope 3, qui concerne aussi bien les émissions amont provenant des fournisseurs et de leurs composants (- 30 %) que les émissions générées lors de l'utilisation des produits vendus (- 42 % pour le transport passagers). L'écoconception est pleinement intégrée : 100 % du portefeuille de produits respecte désormais les critères d'écoconception. Alstom mise également sur la réduction de consommation d'énergie de son portefeuille de trains et sur l'intégration de matériaux recyclés et recyclables, illustrée par un partenariat signé récemment avec SSAB pour l'utilisation d'un acier sans émissions d'énergies fossiles.

Du point de vue social, Alstom place la diversité et l'inclusion au cœur de ses priorités, avec 25,6 % de femmes parmi les cadres et ingénieurs. Par ailleurs, de nombreux programmes soutiennent la montée en compétences, notamment dans le secteur de l'ingénierie, et des initiatives sont mises en place pour renforcer la sécurité et le bien-être des membres de l'organisation.

Avec 370 000 bénéficiaires d'aides de la Fondation Alstom à travers le monde, en faveur de l'inclusion sociale, de la formation, de l'insertion professionnelle, de l'accès à l'énergie et aux mobilités, la contribution du groupe au développement socio-économique local est aussi un impact important de la politique RSE d'Alstom. Au total, plus de 32 000 emplois directs, indirects et induits sont soutenus à travers ses activités, notamment grâce à un réseau de plus de 3 300 fournisseurs implantés en France. Enfin, Alstom entretient un dialogue structuré et continu avec l'ensemble de ses parties prenantes, qu'il s'agisse de clients, de fournisseurs, d'investisseurs ou encore de collectivités, afin de co-construire des solutions toujours plus durables et responsables.

40 ans d'expertise dans le domaine de la grande vitesse intégrant nos engagements sociétaux et innovations

Aujourd'hui, plus de 2 200 trains Avelia circulent dans 25 pays, traversant 20 frontières.

La gamme de trains à grande vitesse Avelia d'Alstom couvre des vitesses d'exploitation maximales comprises entre 200 et 350 km/h. Une grande variété de

configurations et d'architectures est disponible afin de répondre au mieux aux besoins des clients : train à un ou deux niveaux, traction concentrée dans des motrices ou distribuée sous les voitures, architecture articulée ou non, trains pendulaires ou non. Issus d'un éventail complet de solutions de grande vitesse, les trains Avelia constituent l'offre la plus large du marché.

Avelia Liberty, le train NextGen Acela d'Amtrak

Aux États-Unis, les trains à grande vitesse Avelia Liberty, tout juste mis en service le 28 août 2025 par Amtrak, s'appuient sur la vaste expérience acquise par Alstom.

Développé spécifiquement pour les États-Unis, le train partage cependant la même plateforme technologique que la nouvelle génération de trains Avelia Horizon en France.

Sa conception innovante comprend des bogies situés sous les intercirculations entre les voitures, formant ainsi une rame articulée, que l'on peut traverser de part en part. Cette configuration est compatible avec le système d'inclinaison actif Tilttronix, qui assure une conduite souple et stable tout en permettant des vitesses en courbe jusqu'à 30 % plus élevées que les trains à grande vitesse conventionnels, sans compromettre le confort des passagers.

Le train Avelia Liberty intègre également des caractéristiques innovantes qui améliorent les performances opérationnelles et énergétiques, notamment des composants plus légers, la régénération de l'énergie de freinage, une aérodynamique améliorée, l'efficacité de la chaîne de traction et la technologie d'écoconduite.

La mise en service du train NextGen Acela a marqué un tournant pour le rail américain. Elle témoigne de notre

innovation locale et de notre engagement à revitaliser l'industrie nationale. Ces trains, assemblés par des ouvriers qualifiés américains à Hornell, dans l'État de New York, symbolisent notre engagement à apporter aux États-Unis la meilleure technologie ferroviaire au monde et à soutenir la croissance économique dans tout le pays. Nous contribuons à la renaissance de l'innovation ferroviaire américaine, en créant des emplois et en mettant en place une chaîne d'approvisionnement locale très solide.

Avelia Horizon, le TGV Inoui de cinquième génération pour SNCF, 100 % français dans sa conception

Le train Avelia Horizon, cinquième génération de TGV, représente une avancée majeure pour Alstom et SNCF. Ce projet, fruit de sept années de travail, se distingue par ses innovations en matière de confort, de capacité, d'efficacité énergétique et de maintenance. Avec une augmentation de 20 % de la capacité, une réduction supérieure à 20 % de la consommation d'énergie et des coûts de maintenance grâce à la maintenance prédictive et à un accès facilité aux composants les plus sollicités, ce train est conçu pour répondre aux enjeux économiques et environnementaux actuels.

Le train Avelia Horizon, également connu sous le nom de TGV M, est une véritable révolution dans le domaine ferroviaire. Conçu pour offrir une expérience de voyage inégalée, il se distingue par plusieurs innovations majeures.

Confort et modularité

Le confort des passagers a été entièrement repensé. Les espaces de première et de seconde classe ont été redessinés. La voiture dédiée aux personnes à mobilité



Figure 1 : Voiture-bar du futur TGV Inoui (© Alstom SA 2025. Planimiteur | C. Davis | Avelia Horizon™).

Le ferroviaire doit limiter son propre impact écologique



Figure 2 : Essais dynamiques du TGV M sur le site de Velim (© Alstom SA 2023. Julien Goldstein | Avelia Horizon™).



Figure 3 : Essais dynamiques du TGV M sur le site de Velim en République tchèque (© Alstom SA 2023. Julien Goldstein | Avelia Horizon™).

réduite (PMR) est équipée d'un comble-lacune au niveau du seuil de porte et d'une plateforme élévatrice intérieure qui permettent aux voyageurs en fauteuil roulant d'embarquer en toute autonomie en continuité totale entre le quai et la salle basse du train. La voiture-bar révolutionnaire a représenté un véritable défi technique et industriel car elle occupe désormais l'ensemble d'une voiture, intégrant les salles haute et basse – alors que dans les précédentes générations de TGV, la partie basse était occupée par des équipements techniques. La modularité du train permet de changer l'aménagement d'une voiture de première classe en seconde classe, d'ajouter des espaces bagages ou vélos, et de modifier les équipements au fil du temps. Cette flexibilité permet d'augmenter le nombre de places à bord de 20 % par rapport à la génération précédente de TGV, passant de 600 à 740 places dans sa configuration la plus capacitaire.

Recyclabilité et efficacité énergétique

Le train Avelia Horizon est également un modèle de durabilité. 97 % des matériaux utilisés pour sa construction sont recyclables, ce qui en fait le train à grande vitesse avec le bilan carbone le plus faible du marché. Grâce à des innovations telles que l'éclairage *led* modulable, la climatisation et le chauffage intelligents, suivis et optimisés en temps réel à l'aide de capteurs, et une architecture *wifi* conforme aux derniers standards, le train optimise sa consommation d'énergie tout en offrant un confort accru aux passagers.

Performance et sécurité

Avec une vitesse maximale de 320 km/h, l'Avelia Horizon est conçu pour offrir une grande flexibilité opé-



Figure 4 : La motrice du TGV Inoui dévoilée à l'usine Alstom de Belfort (© Alstom SA 2024. Jean Schweitzer | Avelia Horizon™).

rationnelle et garantir des niveaux élevés de sécurité et de confort. Son architecture articulée permet de réduire les coûts d'exploitation en diminuant le nombre de bogies, ces organes représentant 30 % du coût de la maintenance préventive d'un train à grande vitesse. De plus, le train est équipé de systèmes de traction et de freinage améliorés, avec une simplification de la chaîne cinétique afin d'optimiser le rendement mécanique.

Innovations industrielles et techniques

Dans le cadre de l'alliance stratégique entre Alstom et SNCF Voyageurs au service de la grande vitesse, le projet de TGV de nouvelle génération a donné lieu à des innovations industrielles. Par exemple, sur le site de Belfort, une ligne unique et polyvalente dédiée à

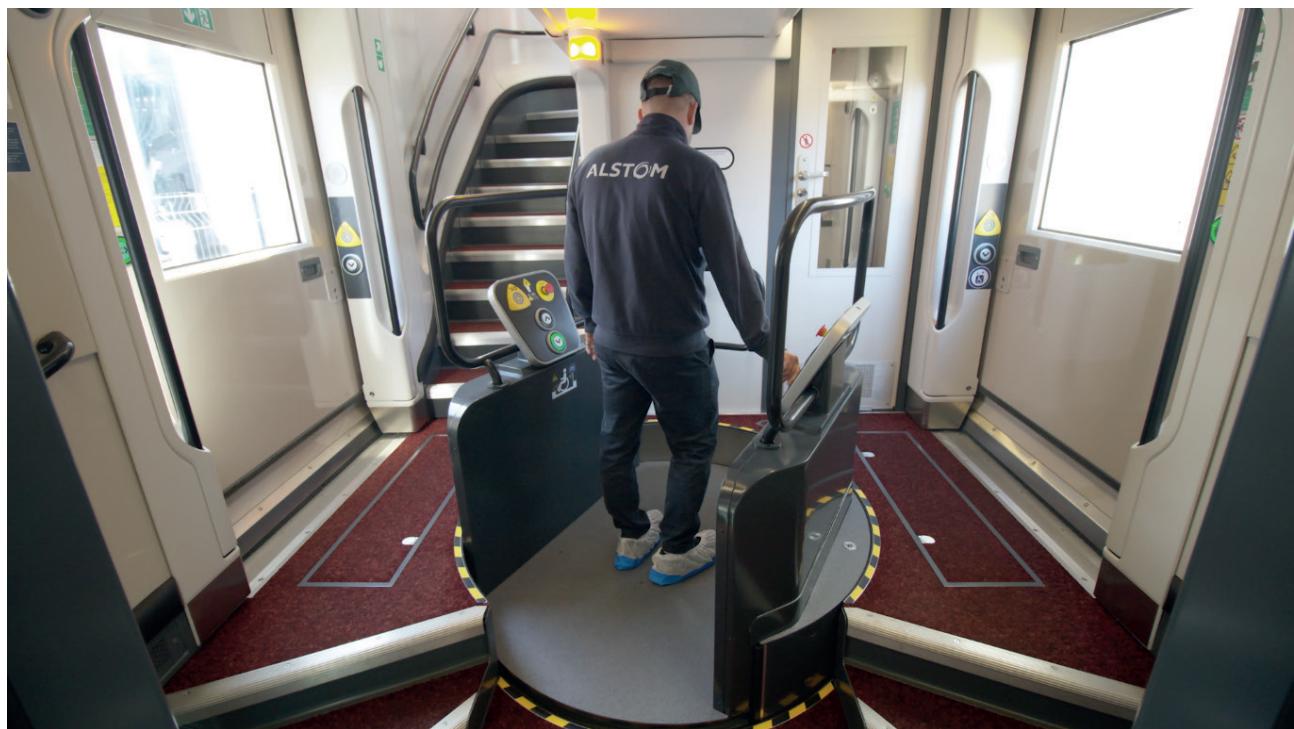


Figure 5 : Intérieur du futur TGV Inoui Avelia Horizon™ (© Alstom SA 2025. Planimonteur | C. Davis | Avelia Horizon™).

la motrice a permis de rationaliser l'emprise au sol de 6 000 m², réduisant ainsi la consommation énergétique de l'usine. À La Rochelle, Alstom a investi dans une ligne d'assemblage modèle tirée par l'amélioration continue, qui permet notamment une simplification des montages, une plus grande sécurité et une meilleure ergonomie des postes de travail pour les opérateurs, tout en intégrant les fonctions support au plus près de la production, ce qui conduit à une amélioration de l'efficacité globale.

Parmi les innovations numériques, le TrainLab développé à La Rochelle incarne le jumeau numérique du train. Ce laboratoire permet de valider les fonctions du train (portes, climatisation, etc.) en avance de phase du train physique, accélérant ainsi les cycles de développement et de mise au point.

Enfin, le système de secours dit « greffon », basé sur un système de stockage d'énergie embarqué, permet au train, en cas de perte d'alimentation électrique, de rejoindre une gare, garantissant une continuité de service inédite dans le monde ferroviaire.

Le train Avelia Horizon d'Alstom représente ainsi une avancée technologique majeure pour le secteur ferroviaire. Grâce à ses nombreuses innovations, il répond aux besoins actuels en matière de confort, d'efficacité énergétique et de durabilité. Ce projet TGV M, qui a mobilisé 1 000 employés sur 11 sites d'Alstom en France, est une véritable fierté pour Alstom et SNCF. En France, la mise en service des premiers trains, prévue pour 2026, marquera le début d'une nouvelle ère pour les voyages en train à grande vitesse.

Conclusion

Avec ces deux trains Avelia d'Alstom, SNCF Voyageurs et Amtrak ne se contentent pas de renouveler le matériel roulant : ils réinventent l'expérience ferroviaire à grande vitesse et offrent une véritable solution pour décarboner la mobilité. Les trains Avelia Liberty et Avelia Horizon incarnent une vision ambitieuse de la mobilité durable, intelligente et inclusive. Grâce à une empreinte indus-

trielle dédiée, à des compétences clés en ingénierie et fabrication, à des innovations techniques de pointe et à une attention portée au confort et à l'accessibilité, ces nouveaux trains à grande vitesse, NextGen Acela et TGV Inoui de SNCF s'imposent comme une vitrine du savoir-faire français.

Références

Une feuille de route ESG rigoureuse soutenue par des objectifs précis | Alstom, <https://www.alstom.com/fr/groupe/engagements/mobilite-durable/une-feuille-de-route-esg-rigoureuse-soutenue-par-des-objectifs-precis>

Document d'Enregistrement Universel 2024/2025, https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2025/06/23/20250528_Universal_Registration_Document_FR.pdf

Trains à grande vitesse Avelia : Le meilleur moyen de voyager vite | Alstom, <https://www.alstom.com/fr/solutions/materiel-roulant/trains-grande-vitesse-avelia-le-meilleur-moyen-de-voyager-vite>

La Grande Vitesse d'Alstom débarque en Amérique avec la mise en service du train "NextGen Acela" d'Amtrak sur le Corridor du Nord-Est | Alstom, <https://www.alstom.com/fr/press-releases-news/2025/8/la-grande-vitesse-dalstom-debarque-en-amerique-avec-la-mise-en-service-du-train-nextgen-acela-damtrak-sur-le-corridor-du-nord-est>

SNCF Voyageurs et Alstom dévoilent les aménagements intérieurs du futur TGV Inoui | Alstom, <https://www.alstom.com/fr/press-releases-news/2025/3/snfc-voyageurs-et-alstom-devoilent-les-amenagements-interieurs-du-future-tgv-inoui>

Chiffres clés : exemple de l'Avelia Horizon

- + 20 % de capacité avec le même niveau de confort.
- 20 % de consommation d'énergie.
- 30% de coûts de maintenance.
- 97 % des matériaux utilisés sont recyclables.
- 320 km/h de vitesse maximale.
- 740 passagers dans sa configuration la plus capacitaire.

La filière industrielle ferroviaire : pilier de l'adaptation et de la décarbonation face au changement climatique

Par Patrick JEANTET

Président de la Fédération des Industries Ferroviaires (FIF)

Face à la multiplication des événements climatiques extrêmes, la filière industrielle ferroviaire française s'impose comme un acteur clé de la transition écologique. Entre innovation technologique, gouvernance partagée et investissement responsable, elle conjugue adaptation des infrastructures et modernisation du matériel roulant pour offrir un système résilient, décarboné et performant. Cet engagement structurant illustre la capacité du secteur ferroviaire à répondre aux enjeux du changement climatique tout en assurant la continuité et la qualité du service public pour les générations à venir.

Face à l'intensification visible des dérèglements climatiques, la résilience du système ferroviaire français s'impose plus que jamais comme un défi stratégique majeur. Si le réseau ferré a longtemps été perçu comme robuste, il est aujourd'hui confronté à des aléas de plus en plus fréquents et intenses – vagues de chaleur, inondations, tempêtes, épisodes de gel – qui affectent à la fois les infrastructures et le matériel roulant. Ces perturbations ont des conséquences multiples : elles coûtent cher, perturbent les services et menacent la sécurité des usagers et des agents.

Dans ce contexte de vulnérabilité accrue, la Fédération des Industries Ferroviaires (FIF) réaffirme son ambition collective : permettre au rail d'être le socle tangible d'une mobilité durable, décarbonée et résiliente. Cette stratégie s'appuie sur trois piliers : l'innovation, la gouvernance publique-privée et un investissement responsable, pensé pour anticiper et durer. Sur l'ensemble du territoire, comme à l'international, la filière industrielle ferroviaire conjugue expertise opérationnelle et vision stratégique pour relever un double défi – accélérer sa contribution à la décarbonation des mobilités et renforcer sa capacité à résister aux effets croissants du dérèglement climatique.

Résilience et décarbonation : infrastructures en première ligne

Historiquement solide et sobre, le secteur ferroviaire français bénéficie d'un avantage déterminant : il ne représente que 0,3 % des émissions de gaz à effet de serre du paysage national des transports. Mais son ambition ne s'arrête pas là : il doit consolider sa place

de pilier de la neutralité carbone à l'horizon 2050 tout en renforçant sa capacité de résistance face à des dérèglements climatiques en série.

L'intensification des dérèglements climatiques impacte désormais de plein fouet le rail français. Les incidents liés à des tempêtes, inondations, canicules ou glissements de terrain, autrefois exceptionnels, sont devenus fréquents. Selon les rapports de l'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF) et de la Cour des Comptes, le nombre d'incidents ferroviaires significatifs dus aux conditions climatiques extrêmes a été multiplié par dix entre 2015 et 2022, passant d'un incident par an à plus d'une dizaine. Le phénomène des glissements de terrain, quasi inexistant dans les années 1990, est désormais responsable de plusieurs centaines d'incidents annuels.

Ces chiffres illustrent que la sécurité des infrastructures et la continuité du service public sont désormais exposées à des menaces réelles et documentées. Protéger les voyageurs tout en préservant la cohésion territoriale est devenu une responsabilité collective. C'est pourquoi les gestionnaires d'infrastructure, avec le soutien des industriels, adaptent leurs stratégies : surveillance accrue des zones sensibles, utilisation de matériaux plus robustes, exploitation ajustée selon le climat et priorisation budgétaire avec un investissement de 2,3 milliards d'euros par an.

Face à ces enjeux, le réseau ferré, colonne vertébrale de la mobilité, doit répondre à un double impératif : accélérer la décarbonation tout en consolidant sa résilience pour continuer à remplir ses missions dans un contexte de dérèglement climatique accéléré.

Infrastructures : agir sur chaque composant

Pour relever ce défi, la filière fait la part belle à l'innovation sur l'ensemble de la chaîne de valeur technique. Les avancées sont nombreuses : la production de rails en fours électriques, appelée « rails verts », permet d'abaisser de 60 à 70 % les émissions lors de la fabrication. Le réemploi de rails démontés sur des lignes secondaires progresse, ce qui permet de limiter la dépendance à l'acier neuf et de boucler la filière économie circulaire. En 2022, la SNCF a ainsi acheté près de 76 % de ses rails issus de ce circuit.

L'industrie s'attaque également à la problématique du béton, qui compte pour près de 7 % des émissions mondiales de CO₂. Consciente de cet enjeu, la filière ouvre ses chantiers à des solutions bas carbone, permettant sur certains projets de réduire l'empreinte carbone de 10 à 15 %. Sur le terrain, cette logique de sobriété se traduit par des pratiques concrètes : le ballast usagé est retraité par criblage et lavage directement sur site. Environ 60 % de ce matériau est réemployé dans des applications ferroviaires, tandis que le reste, non réutilisable pour le rail, trouve une seconde vie dans les secteurs routier ou de la construction. Ainsi, la quasi-totalité du ballast retiré est valorisée, contribuant à limiter l'extraction de ressources neuves.

Les infrastructures évoluent aussi dans leur conception : intégration intelligente de la végétation pour limiter l'usage du béton, création d'îlots de fraîcheur, meilleure infiltration des eaux de pluie et adaptation aux risques d'inondation. Les ouvrages d'art sont réalisés pour résister à la montée des eaux ou aux glissements de terrain. Le projet de « Voie Verte » sur les tramways, par exemple, conjugue réduction des matériaux minéraux et apport paysager, au bénéfice de la gestion hydrologique.

La digitalisation transforme enfin le métier : commande centralisée du réseau (CCR), signalisation européenne (ERTMS), capteurs connectés et algorithmes d'intelligence artificielle permettent de détecter précocelement les pannes et d'améliorer de manière notable la disponibilité du service. Sur une flotte de trains parisiens, cette maintenance prédictive s'est traduite par un bond de 30 % du taux de disponibilité.

Les politiques de réemploi s'étendent : des plateformes comme Quai des Ressources (RATP) ou StationOne (Alstom) stimulent le réemploi de pièces et matériaux, prolongeant la durée de vie des équipements tout en limitant les déchets et les coûts d'achat neuf.

Le matériel roulant face aux impacts du changement climatique

Souvent, les débats sur la résilience ferroviaire se concentrent sur les infrastructures ; or, le matériel roulant est tout aussi décisif pour la qualité du service, la sécurité et le confort des usagers. Les industriels travaillent sans relâche pour garantir fiabilité, confort thermique et optimisation énergétique, même en période de chaleur extrême ou en situations imprévues.

La climatisation performante devient un enjeu central pour les industriels : dans des voitures parfois bondées et largement vitrées, maîtriser la température est essentiel. Plutôt que de surdimensionner les systèmes avec le risque de surconsommation, les constructeurs misent sur la réduction des besoins : films solaires, vitrages teintés, choix de livrées et de couleurs extérieures qui absorbent moins de chaleur. Ces solutions s'appliquent aux trains neufs comme en rénovation.

Les industriels vont plus loin en dépassant la norme EN 14750 (2024) pour garantir la pleine puissance des refroidissements jusqu'à + 5°C au-dessus des seuils classiques. Les métros d'Alstom à Riyad opèrent même à + 58°C, illustrant le savoir-faire français en milieux extrêmes. La maintenance prédictive s'appuie sur des algorithmes pour anticiper les fuites de réfrigérants ou les filtres saturés, optimisant le service et limitant les risques en période de pic thermique.

Ce travail s'effectue en partenariat entre constructeurs, fournisseurs et opérateurs pour partager les expertises, arbitrer les choix techniques et optimiser l'efficacité énergétique. L'innovation dans les systèmes de climatisation ferroviaire se traduit par l'adoption de réfrigérants naturels à très faible potentiel de réchauffement global, comme le R290. Knorr-Bremse et Wabtec développent des solutions intelligentes qui ajustent le flux d'air en fonction du nombre de passagers, tout en réduisant significativement les émissions de gaz à effet de serre. Ces technologies, compatibles avec les flottes existantes, permettent une réduction de la charge de gaz de 30 à 50 % et préparent le secteur aux futures obligations réglementaires.

Les avancées concernent aussi les matériaux : composites plus légers, aciers recyclés, nouvelles traverses allégées. Depuis 2021, les TER testent des traverses composites plus légères de 43 %. Sur les TGV Inoui et Ouigo, l'optimisation aérodynamique des carénages permet d'éviter l'émission de plus de 500 tonnes de CO₂ par an.

La modernisation du matériel roulant va de pair avec la décarbonation. L'arrivée de rames hybrides, à batteries ou à hydrogène pour les lignes non électrifiées, marque une avancée majeure. Les TER hybrides d'Alstom-CAF réduisent de 20 % leurs émissions grâce à la récupération d'énergie au freinage. Les trains à hydrogène, qui devraient entrer en service en 2026, offriront jusqu'à 600 km d'autonomie sans émission locale. Cinq régions avec la SNCF investissent massivement dans ces nouvelles solutions. L'éco-conception devient un standard : le TGV M est conçu pour être recyclable à 97 %, avec une part importante de matériaux issus de l'économie circulaire et une consommation énergétique réduite de 20 %.

Davantage de systèmes embarqués intelligents viennent compléter ce tableau : ils réduisent la consommation énergétique de la climatisation en modulant leur fonctionnement selon le nombre de voyageurs, et emploient des réfrigérants naturels, comme le R290. La digitalisation et l'exploitation des données permettent,

grâce à la maintenance prédictive, d'atteindre des taux de disponibilité de plus de 90 %, comme au Technicentre de Maintenance Occitanie avec l'application e-vision. L'ERTMS ou les Commandes Centralisées du Réseau fluidifient la gestion du trafic, augmentant la robustesse globale.

Ces innovations s'inscrivent dans une démarche globale de sobriété énergétique. Des dispositifs comme Ecostop, inspiré du "Start-Stop" automobile et développé par Colas Rail, permettent de mettre en veille les moteurs diesel des engins ferroviaires à l'arrêt, réduisant ainsi les émissions de CO₂, la consommation de carburant et les coûts de maintenance. L'éco-stationnement des TER limite également le fonctionnement à l'arrêt. Par ailleurs, des logiciels comme Opti-conduite ou les algorithmes de Siemens Mobility optimisent les trajets en temps réel, avec des gains mesurés allant jusqu'à 20 % d'économie d'énergie. Ces solutions, déjà déployées sur plusieurs réseaux, offrent un retour sur investissement immédiat et contribuent à une réduction concrète des émissions de gaz à effet de serre.

Savoir-faire et adaptation à l'international

L'adaptation du ferroviaire aux dérèglements climatiques ne se limite pas au territoire national : elle s'illustre également à l'international, où l'ingénierie française fait preuve de robustesse et d'innovation. Dans les régions arides du Moyen-Orient, les métros et tramways conçus pour Riyad et Dubaï fonctionnent sous des températures extrêmes allant jusqu'à + 58°C. Le tramway de Dubaï, en service depuis plus de 10 ans, témoigne de la fiabilité des équipements face à la chaleur et à la poussière.

À l'autre extrême, au Canada et dans les pays nordiques, les matériels roulants sont conçus pour résister à des températures descendant jusqu'à - 50°C, garantissant la continuité du service même en conditions hivernales sévères.

Ces capacités d'adaptation s'appuient également sur la digitalisation et la maintenance prédictive. À Dubaï, par exemple, le calendrier de remplacement des condenseurs des tramways a été avancé pour anticiper les effets de la chaleur, illustrant une gestion proactive des équipements. Par ailleurs, des solutions fondées sur la nature – telles que la création d'îlots de fraîcheur ou l'amélioration de l'infiltration des eaux – sont intégrées dans les projets internationaux pour renforcer la durabilité des infrastructures.

Ces exemples illustrent la capacité de la filière ferroviaire française à concevoir des solutions adaptées aux réalités climatiques les plus diverses, en conciliant robustesse technique, innovation et respect de l'environnement.

Gouvernance, stratégie et économie de l'adaptation

L'adaptation du ferroviaire aux défis climatiques ne peut reposer uniquement sur la performance technique ou

l'innovation industrielle. Elle exige une organisation collective, structurée et durable, capable de coordonner les efforts et de donner du sens à l'action. C'est dans cette logique que la Fédération des Industries Ferroviaires (FIF) a proposé un comité de pilotage sectoriel, véritable moteur de la gouvernance de l'adaptation. Ce comité réunit les acteurs majeurs du ferroviaire français – SNCF, RATP, Alstom – assurant une représentation équilibrée entre opérateurs, industriels et territoires.

Ce pilotage partagé garantit une vision globale et une coordination efficace. Des réunions semestrielles permettent de suivre les avancées, d'ajuster les actions et de partager les réussites pour inspirer l'ensemble de la filière. Chaque mesure inscrite dans la feuille de route fait l'objet d'un suivi rigoureux, appuyé par des indicateurs clés de performance (KPI) et un système standardisé de collecte et d'analyse des données. Cette approche méthodique, alliée à une capacité d'ajustement agile, permet une réactivité précieuse face aux aléas climatiques et aux évolutions du contexte économique.

Afin que les milliards d'euros investis chaque année par l'État et les régions dans le ferroviaire contribuent pleinement à la transition écologique, il est essentiel d'orienter plus explicitement les appels d'offres des donneurs d'ordre publics vers des critères de décarbonation ambitieux. Si des exigences RSE sont déjà intégrées, leur renforcement permettrait d'aligner plus étroitement les pratiques industrielles avec les objectifs climatiques, en favorisant les solutions les plus durables et les plus sobres en carbone. Mais au-delà des structures et des indicateurs, l'adaptation ne peut réussir sans celles et ceux qui la portent. Elle appelle une mobilisation collective des compétences, des savoirs et des engagements. C'est dans cette logique que s'inscrit la démarche vers une résilience partagée, fondée sur la transmission, la formation et l'intelligence collective.

Vers la résilience collective : savoir, compétences et transmission

La gouvernance de l'adaptation ne peut être pleinement efficace sans une mobilisation des compétences à tous les niveaux. Derrière chaque stratégie, chaque indicateur, chaque feuille de route, il y a des femmes et des hommes qui conçoivent, mettent en œuvre et font évoluer les solutions. Le ferroviaire, en tant que secteur structurant, repose sur une intelligence collective qui doit être cultivée et renouvelée.

Cette dynamique se traduit par des initiatives concrètes : le partage de bonnes pratiques, la mutualisation des connaissances via des plateformes comme ferro-vert.fr, ou encore le développement des compétences à travers l'engagement EDEC, qui anticipe les besoins émergents en métiers techniques, en écoconception et en ingénierie climatique. Ces démarches ne sont pas accessoires : elles sont le socle d'une adaptation durable.

La collaboration avec les grandes écoles d'ingénieurs, le lien constant avec les territoires et la valorisation du

retour d'expérience européen renforcent la solidité du modèle français. Face à des phénomènes extrêmes de plus en plus fréquents, cette mobilisation collective devient un levier essentiel. Elle permet non seulement d'accroître la robustesse du réseau, mais aussi de transmettre les savoirs, de former les compétences de demain et de garantir la continuité d'un service public ferroviaire à la hauteur des enjeux climatiques.

Conclusion : le rail, colonne vertébrale de la mobilité durable et résiliente

Dans cet environnement de mutations permanentes, la filière ferroviaire française incarne un engagement à la fois industriel, collectif et pragmatique. L'innovation permanente, la gouvernance partagée et une politique d'investissement rigoureuse font de la démarche RSE le fil conducteur d'une transformation profonde, tournée vers la durabilité.

Grâce à sa capacité d'anticipation, d'innovation et d'adaptation face aux enjeux climatiques, le secteur ferroviaire réaffirme son rôle stratégique dans la transition écologique : celle de rester la colonne vertébrale d'une mobilité qui conjugue décarbonation, sécurité, confort et résilience sociétale. Porté par une expertise reconnue jusque dans les environnements les plus extrêmes, ce secteur pionnier est prêt à assumer pleinement sa place dans le monde du transport de demain, au bénéfice des générations présentes et futures.

Quelles alternatives au diesel pour les trains régionaux ?

Par Jeanne-Marie DALBAVIE

IKOS Lab

Face aux objectifs européens de décarbonation (- 55 % d'émissions en 2030, neutralité carbone en 2050), le secteur ferroviaire doit remplacer les locomotives diesel qui équipent les lignes régionales non électrifiées. Ces lignes représentent 20 % du trafic pour 75 % des émissions du secteur. Aujourd'hui, plus d'une dizaine de solutions technologiques émergent : trains 100 % batteries, trains à hydrogène, biocarburants, e-carburants, bioGNV, moteurs thermiques à hydrogène. Chaque technologie présente des niveaux de maturité différents et des performances variables selon les contextes d'exploitation. Les choix stratégiques sont complexifiés par les durées de vie longues du matériel ferroviaire (40 ans pour les trains, 60 ans pour les infrastructures), l'impact sur les réseaux et opérations, ainsi que la multiplicité des critères décisionnels : coûts, performances environnementales, enjeux territoriaux et souveraineté industrielle. Si les trains à batteries et à hydrogène offrent les meilleures performances de décarbonation, aucune solution unique ne satisfait tous les critères pour tous les contextes. La résilience du système ferroviaire passera par la diversité des solutions technologiques adaptées aux spécificités régionales et opérationnelles.

Comme société de conseil internationale spécialisée dans le ferroviaire, le positionnement d'IKOS permet une observation neutre et transverse. Nous avons ainsi travaillé sur les impacts des trains à batteries sur les infrastructures et les opérations avec SNCF Innovation et Recherche (Rieu et al., 2022), nous menons avec eux une étude sur un concept de train à hydrogène réversible (Villaume et al., 2024), et avons étudié cette année les impacts des trains à batteries et à hydrogène sur une ligne en Espagne avec Adif et Renfe. En parallèle nous avons initié un doctorat pour produire une méthode d'aide à la décision utilisant entre autres de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) paramétrique dans le cadre de la décarbonation des trains (Volant et al., 2024).

Cet article livre l'état de ces réflexions : les enjeux du remplacement des locomotives diesel, la complexité de ces choix hautement stratégiques, et les premières pistes et tendances.

Enjeux de la décarbonation des trains

Pourquoi décarboner le ferroviaire ?

Les objectifs du pacte vert européen (- 55 % en 2030 par rapport à 1990 puis la neutralité carbone à 2050) se déclinent jusqu'à la SNCF et aux régions, autorités organisatrices de transport. En Europe le ferroviaire représente une part modale d'environ 7 % des voyages et 17 % du fret pour moins de 0,5 % des émissions CO₂, contre 70 % pour l'automobile. Par passager-kilomètre, la performance du train est environ 10 à 100 fois meil-

leure que la voiture ou l'avion¹, grâce à l'électrification et à la forte capacité d'emport.

On peut donc être tentés de penser que le ferroviaire n'a pas besoin autre mesure de se décarboner, notamment vu les montants à engager, et que les efforts sont à mettre sur les autres moyens de transport et le "shift to rail", qui reste toutefois difficile à mettre en œuvre (problèmes de flexibilité, du « dernier km », de saturation des lignes, de revitalisation des petites lignes, de qualité de service, etc.). Ce levier est effectivement crucial, surtout pour le fret, mais il est irréaliste de penser qu'il suffira, et que la part modale du ferroviaire pourrait devenir largement majoritaire (record mondial détenu par la Suisse : 17,5 % des voyageurs et 35 % des marchandises).

Par ailleurs, la route progresse vers la décarbonation – principalement pour le moment avec des technologies posant des problèmes de souveraineté (batteries, électrolyseurs H₂, piles à combustible). Il y a donc un enjeu concurrentiel pour le rail de conserver son avantage vertueux, tout en ayant des synergies, car l'automobile, de par ses volumes et ses temps de production, tire la R&D dont peut bénéficier le ferroviaire.

Enfin, si la production mondiale de pétrole continue à croître, notamment par la mise en exploitation de pétroles non conventionnels, elle tend à plafonner², et si le pétrole de schiste lui a offert un nouveau rebond pour 2025-2030 les problématiques éthiques comme

¹ <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/bureau-deplacements/calculer-emissions-carbone-trajets#calcul-empreinte-carbone>

² <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/pic-petrolier> ;<https://www.iea.org/reports/oil-market-report-august-2025>

les enjeux environnementaux de cette exploitation tendent à la limiter : il n'est pas trop tôt, même pour les climato-sceptiques, pour penser et développer les solutions d'un monde sans pétrole, d'autant plus dans le contexte de compétition mondiale actuelle.

Place du matériel roulant dans cet objectif

Il semble y avoir une loi d'électrification maximale d'un réseau ferroviaire autour des 60 % (Japon 65 %, France 55 %, Allemagne 62 %, exception suisse à 100 %) du fait de la rentabilité impossible de ces infrastructures pour les lignes régionales à trafic faible. Ces lignes représentent environ 20 % du trafic total mais génèrent 75 % des émissions, du fait des locomotives diesel ou bi-mode diesel qui y circulent. L'enjeu est donc de remplacer ces motorisations pour atteindre les objectifs climatiques.

Nous nous concentrons ici sur le trafic passager. Pour le fret, l'urgence est de redresser la part modale en améliorant la qualité de service, aujourd'hui catastrophique. De plus, les locomotives de fret, particulièrement puissantes, ne sont pas les candidates idéales pour embarquer de nouvelles tractions. On peut néanmoins évoquer la systématisation des locomotives bi-mode qui utilisent la caténaire quand elle existe.

Complexité de la décision

Un grand nombre de candidats... et de maturités technologiques

Pour décarboner, plusieurs solutions électriques existent :

- Le 100 % batteries est bi-mode : il fonctionne soit sur batteries, soit sous caténaire et recharge les batteries sous caténaire quand il reste de la puissance

disponible, ou encore lors des arrêts en gare électrifiée. Les batteries alimentent les moteurs et les auxiliaires en l'absence de caténaires.

- Le train à hydrogène est en réalité un train à batteries, embarquant de l'hydrogène et une pile à combustible pour recharger ses batteries. Les piles ne sont pas optimales pour les variations de puissance, il vaut mieux que des batteries récupèrent l'énergie produite pour alimenter les moteurs et les auxiliaires. De plus, les piles ont un rendement nettement moindre que les batteries à l'heure actuelle.

Mais aussi des solutions thermiques :

- utiliser les mêmes moteurs avec du biodiesel ou des e-carburants ;
- locomotives au gaz fonctionnant au bioGNV ;
- moteurs thermiques à hydrogène (en développement en Allemagne).

Se présentent aujourd'hui plus d'une dizaine de candidats, mais à des stades de maturité différents. Si des trains régionaux exploités en biodiesel existent déjà, l'industrie de l'hydrogène est émergente, celle des batteries plus mature, et le moteur thermique à hydrogène naissant.

Il n'est pas possible de se fier entièrement aux données actuelles pour des choix sur 30-40 ans, d'autant que ces données sont rares pour les technologies peu matures. La vision que nous avons aujourd'hui des différents candidats est forcément déformée, méfions-nous du fameux "hype cycle" décrivant la perception d'une technologie au fur et à mesure de son développement (voir la Figure 1). Heureusement, il existe des techniques dites de prévisionnel technologique (lois d'évolution

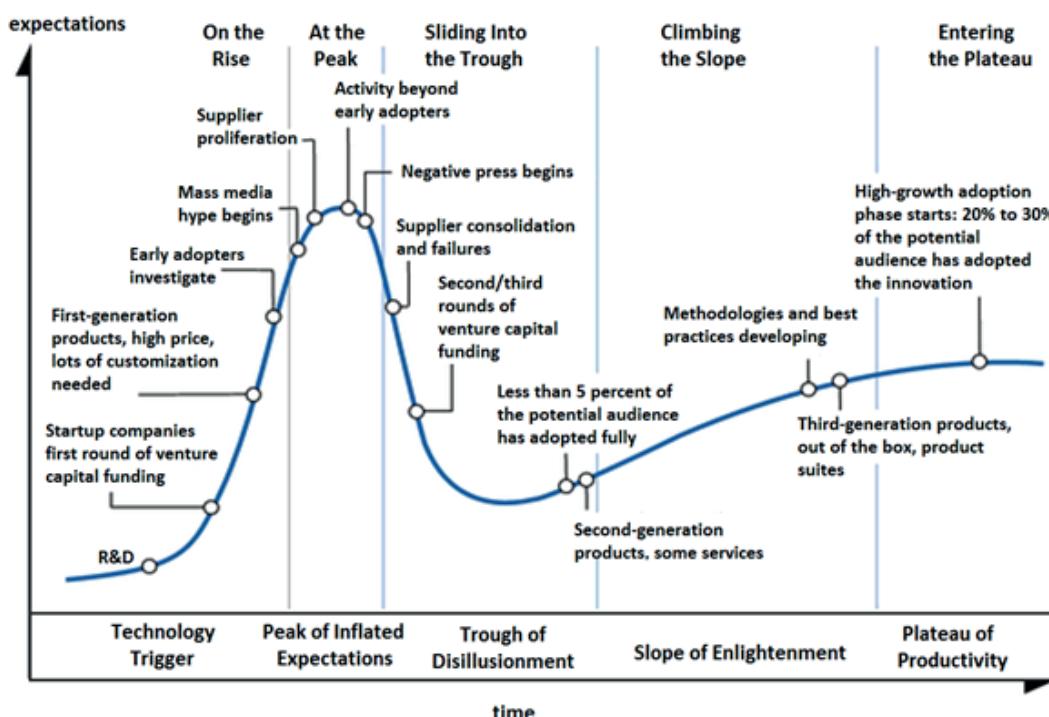


Figure 1 : Évolution de l'intérêt pour une nouvelle technologie (Source : Wikipédia).

Figure 2 : Pourcentage de trajets réalisables sans travaux en fonction de l'autonomie (Source : Rieu, 2022).

Region	% of feasible journeys				
	Battery autonomy (km)				
	80	100	120	150	200
Centre-Val de Loire	0	0	60	60	70
Bretagne	0	29	63	82	100
Occitanie	21	30	35	36	54
Bourgogne-Franche-Comté	34	34	38	47	96
Nouvelle Aquitaine	42	45	53	62	79
Normandie	53	53	99	100	100
Auvergne-Rhône-Alpes	70	70	70	81	92
Hauts-de-France	75	92	97	97	100
Grand Est	79	80	91	98	100
Pays de la Loire	95	99	99	99	100
Provence-Alpes-Côte d'Azur	99	99	99	99	99
France – Total	55.3	60.3	67.8	73.6	87.6

de la TRIZ³, courbes en S...) qui, s'il n'est jamais possible de prédire véritablement le futur, permettent de s'appuyer sur des projections plus probables.

Temporalité

L'échelle temporelle joue un grand rôle car les temps sont longs dans le secteur ferroviaire. Il faut anticiper, malgré des données frugales et incertaines. En effet, la durée de vie des infrastructures atteint au minimum 60 ans, celle d'un train environ 40 ans, avec une opération de mi-vie à 20 ans permettant de changer la propulsion. Ainsi, les opérations de mi-vies et les remplacements suivent un calendrier étalé, parallèlement aux progrès technologiques.

Aujourd'hui, on hybride des trains diesel avec des batteries comme étape intermédiaire. Certains rétrosfits testent le tout-batterie ou l'hydrogène, mais les contraintes liées aux trains existants imposent des limites. Les constructeurs doivent donc développer de nouveaux matériels roulants, entièrement basés sur les nouvelles technologies, avec des coûts et des temps de développement conséquents.

Il est important de développer les trains dont le secteur aura besoin, capables de répondre au plus grand nombre d'exigences des réseaux et opérateurs. Or, ces exigences ne sont pas encore toutes connues, car l'exploitation d'un train diesel diffère totalement de celle d'un train électrique à batteries ou à hydrogène. Si la SNCF a développé un outil de simulation, de nombreux exploitants doivent encore gagner en maturité dans la compréhension de leurs besoins.

Exploitation ferroviaire

En effet, l'impact de ces nouveaux matériels roulants sur les opérations ferroviaires et les infrastructures est à l'étude. Les grandeurs clés sont la puissance instantanée demandée et l'énergie totale (autonomie). Un trajet plat en France n'a pas les mêmes exigences qu'un voyage traversant les sierras espagnoles.

Ainsi, un train à batteries qui aurait 80 km d'autonomie en France, n'en aurait que 30 en montée en montagne. Avec cette performance, qui est la maximale affichée aujourd'hui, un tel train pourrait rouler sans adaptation en Provence-Alpes-Côte d'Azur, mais nécessiterait tant d'électrification partielle en Centre-Val de Loire que le coût serait prohibitif (plusieurs centaines de millions d'euros) (Rieu et al., 2022) (voir la Figure 2). Pour l'Espagne et la majorité des régions françaises, augmenter significativement l'autonomie des trains à batteries s'impose.

Si l'autonomie pose moins de problèmes pour le train à hydrogène, ce sont la puissance, le rendement global (surtout avec électrolyse) et le coût élevé des infrastructures hydrogène qui constituent les principales limites. Les résultats du projet FCH2RAIL, qui a testé en 2024 un train CAF hydrogène bi-mode en Espagne et au Portugal, sont instructifs⁴ (voir la Figure 3).

Pour diminuer tous ces coûts d'infrastructures, on peut jouer sur les spécifications des futurs trains mais aussi sur l'opération (horaires, temps d'arrêt, vitesse, missions, etc.). Attention cependant à ne pas dégrader l'offre au risque de perdre des passagers, et à la complexité de l'exploitation ferroviaire où tout est interconnecté : modifier les opérations peut avoir des conséquences en cascade énormes.

³ Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs (Теория Решения Изобретательских Задач - ТРИЗ) : une approche heuristique destinée à résoudre des problèmes d'innovation, principalement techniques, favorisant la créativité.

⁴ <https://fch2rail.eu/>



Figure 3 : Prototype hydrogène bi-mode de CAF - projet FCH2RAIL (Source : <https://fch2rail.eu/>).

Critères des décideurs : stratégie

Si le coût (CAPEX, OPEX) est un critère majeur, il n'est pas le seul. Les décideurs ne sont ni les constructeurs, ni les opérateurs, ni les gestionnaires d'infrastructures mais les autorités organisatrices de transport, classiquement les régions et *in fine* les politiques. Les enjeux territoriaux comptent. Par exemple, une région misant sur l'hydrogène pour relancer son industrie pourra payer plus pour des trains à hydrogène, tirant la filière locale naissante.

Il y a aussi les critères environnementaux. Au-delà du CO₂ émis, largement commenté car c'est l'objectif fixé, les impacts sur la santé, les écosystèmes ou les ressources naturelles importent. Ainsi, si les performances CO₂ du biodiesel sont moyennes, l'absence de travaux d'infrastructure peut l'avantagez sur la préservation de la biodiversité.

Enfin, les décideurs nationaux et européens orientent les choix technologiques selon des critères hautement stratégiques comme la souveraineté et la disponibilité des matières premières. Passer de la dépendance pétrolière à celle aux métaux rares n'est pas très satisfaisant. Il est crucial de développer le recyclage mais surtout des batteries, piles et électrolyseurs en propre nécessitant moins de terres rares (*solid-state*, haute température type Gen-Hy, etc.), ainsi que de promouvoir des alternatives s'appuyant sur les points forts de l'industrie européenne comme le moteur à combustion hydrogène.

Etat des lieux et conclusion

La compréhension des performances des différentes technologies progresse et permet de dessiner d'ores et déjà quelques pistes.

Sur le critère de la décarbonation, c'est-à-dire de l'émission de CO₂ sur tout le cycle de vie, le train à batteries et le train à hydrogène sont les plus performants, les plus « verts ». Les départager nécessite une analyse fine au cas par cas, selon les caractéristiques d'exploitation, la temporalité d'implémentation et la stratégie de recharge de l'hydrogène (si l'hydrogène vient de centaines de kilomètres par camions diesel, la performance environnementale est fortement dégradée).

Les biocarburants et le bioGNV peuvent être une solution à moindre coût mais restent insatisfaisants en émissions carbone, très locaux et limités. En effet, il ne faut pas détourner des terres agricoles pour produire du biocarburant.

Les carburants de synthèse (ou *e-fuel*) sont une technologie encore peu mature mais à surveiller, car ils pourraient éviter des changements structurels. Leur production nécessitant du CO₂ pourrait équilibrer les émissions futures. Ce tour de passe-passe est intéressant d'un point de vue de la décarbonation, moins d'un point de vue de l'impact sur la santé, même si la question ne se pose pas beaucoup pour les trains régionaux. Reste le défi de la production par électrolyse, aujourd'hui trop coûteuse en argent et électricité.

L'étape de l'électrolyse impacte aussi grandement le rendement et le coût global de l'hydrogène. Si on s'attend à des progrès significatifs dans les années à venir, il ne faut néanmoins pas négliger des alternatives comme l'hydrogène blanc (exploitation de gisements nationaux⁵ et européens) ou la production par pyrolyse, qui peuvent considérablement améliorer l'efficacité globale et réduire les coûts.

Enfin, la transition énergétique, et son pendant dans les transports, donc dans le ferroviaire, soulève des questions de souveraineté. Quitter la dépendance pétrolière pour celle aux terres rares et technologies étrangères serait dommage.

En résumé, si le train à batteries semble avoir une longueur d'avance aujourd'hui grâce à la maturité de l'industrie et à son adaptation rapide sur certains réseaux, aucune solution ne satisfait tous les critères pour tous les contextes, et toutes présentent des pistes de progrès intéressantes pour le futur. Il faut soutenir toutes les alternatives, laisser le terrain foisonner et expérimenter, et ne pas avoir peur de se retrouver avec plusieurs solutions pour différentes situations. Nous vivons une ère où l'on a compris que la monoculture est fragile, et où le terme de résilience a pris une importance centrale. Or la résilience passe par la diversité.

Bibliographie

- RIEZU I., JUSTON M., LEGUERE R., DALBAVIE J.-M. & VULTURESCU B. (2022), "Methodology to evaluate the impact of autonomy range for a battery train: application to the French railway network", Transport Research Arena, Lisbon.
- VILLAUME S., DALBAVIE J.-M. & FONCIN C. (2024), "Technico-economic Feasibility Study of On-board H₂ Production in a Passenger Hydrogen Train for Railway Operators", Transport Research Arena, Dublin.
- VOLANT B., MARLE F., LEROY Y. & DALBAVIE J.-M. (2024), "Modeling and Analyzing Interactions Between Stakeholders for Train Decarbonization Decisions at a Regional Scale", 26th International Dependency And Structure Modeling Conference (DSM 2024), Stuttgart.

⁵ <https://www.academie-technologies.fr/publications/accelerer-la-caracterisation-de-la-ressource-et-exploration-de-hydrogène-naturel-en-france/>

L'intégration de l'environnement dans la conception et la gestion des gares

Par Marie-Gabrielle REUILLE

Directrice RSE de SNCF Gares & Connexions

Et Simon BERGOUNIOUX

Directeur de l'architecture et de l'environnement de SNCF Gares & Connexions

Afin de jouer pleinement leur rôle dans l'essor du ferroviaire et des mobilités durables nécessaires à la décarbonation des transports, les gares françaises doivent relever le double défi de réduire leur impact environnemental tout en s'adaptant à un climat qui change selon le scénario de référence de l'État français. SNCF Gares & Connexions, en tant que gestionnaire des 3 000 gares françaises, intègre ces enjeux tout au long du cycle de vie des gares : de la conception à l'exploitation. Pour cela, l'entreprise mise sur la sobriété et l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et l'éco-conception des infrastructures et équipements, et un plan d'adaptation structuré à l'horizon 2050. La mise en œuvre de ces actions impose une mobilisation large des parties prenantes du système ferroviaire.

Nous tenons à remercier Jennifer Calder, responsable climat & adaptation de SNCF Gares & Connexions, et Kastriot Jaka, référent éco-conception de SNCF Gares & Connexions pour leur contribution à cet article.

Héritages de la révolution industrielle et avenir des mobilités durables, les 3 000 gares françaises et leurs 10 millions de m² incarnent les défis majeurs de l'époque face au changement climatique.

SNCF Gares & Connexions, qui en assure la gestion, la conception et l'exploitation, intervient à la croisée de deux secteurs clés : les transports et le bâtiment, qui représentent respectivement 32¹ et 25 %² des émissions de carbone nationales. Elle porte ainsi une responsabilité particulière en matière de transition écologique : concilier la pérennité et le développement des gares pour accompagner le nécessaire essor du ferroviaire et des mobilités durables, tout en réduisant systématiquement les impacts liés à leurs activités, leur entretien et leurs développements.

Cela suppose d'agir de concert sur les deux leviers clés de la transition environnementale : l'atténuation, c'est-à-dire la baisse des pressions exercées sur le climat, les ressources, les écosystèmes et la biodiversité ; et l'adaptation du patrimoine à la croissance des flux, aux enjeux de l'intermodalité et à des aléas climatiques plus fréquents et intenses.

¹ Stratégie Nationale Bas-Carbone de l'État français.

² Feuille de route décarbonation du cycle de vie du bâtiment (2023), Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires.

Ces défis imposent d'agir à trois niveaux :

- repenser l'exploitation des gares pour les rendre plus sobres et plus intelligentes ;
- réinventer les gares au prisme de flux en croissance et des enjeux d'une intermodalité bas-carbone, avec une préoccupation constante pour le confort des voyageurs ;
- anticiper leur résilience face au climat futur.

L'exploitation du patrimoine des gares : une contribution concrète à la transition environnementale

Les différents processus qui concourent au fonctionnement des 3 000 gares représentent plus de 120 ktCO_{2e}/an³. L'amélioration de leur exploitation représente donc un gisement d'actions significatif. La démarche engagée par SNCF Gares & Connexions repose à ce titre sur quatre axes complémentaires : sobriété et efficacité énergétique, sortie des énergies fossiles,

³ Donnée issue du BEGES de l'année 2023 de SNCF Gares & Connexions contributif au reporting Carbon Disclosure Project du Groupe SNCF.

déploiement d'une production électrique renouvelable, et optimisation des flux de matières.

Une part significative des actions menées permet également de répondre à un faisceau d'obligations réglementaires, outils de la France pour sécuriser l'atteinte des engagements pris dans le cadre des Accords de Paris : décret tertiaire, loi LOM, loi Climat et Résilience, loi APER.

Représenter les usages via la sobriété et l'efficacité énergétique

La réduction des consommations repose d'abord sur l'interrogation des standards de confort et l'évolution des comportements pour éviter les consommations inutiles. Elle passe par des actions pédagogiques, des référentiels clairs et un *sponsoring* managérial auprès des équipes terrain. Elle se traduit par des consignes explicites sur le chauffage et le rafraîchissement, mais aussi l'optimisation de l'éclairage – poste énergétique significatif des gares. À grande échelle, ces mesures permettent des économies d'énergie importantes sans investissement majeur.

Ces changements sont renforcés par le pilotage technique centralisé, permettant de superviser les consommations et d'automatiser certaines fonctions. Le déploiement en cours du programme Smart Station en est une bonne illustration. Il vise une exploitation fine et réactive, ajustant les consommations en fonction des usages réels *via* la télérègle et le suivi de performance.

D'autres améliorations techniques – remplacement des éclairages par des LED ou l'isolation thermique des enveloppes – offrent des gains significatifs mais nécessitent des investissements plus importants qui se couplent aux opérations plus classiques d'entretien du patrimoine.

Décarboner les usages : sortir du fioul et du gaz, déployer le renouvelable

Pour répondre aux objectifs de décarbonation de la SNCF et aux standards internationaux, la réduction des consommations énergétiques est nécessaire mais non suffisante. Elle doit être doublée par une démarche volontariste de sortie des énergies fossiles *via* l'électrification des usages, notamment par la suppression des chaudières fioul qui sera achevée d'ici fin 2025 et par la sortie progressive du gaz à horizon 2030.

Cet abandon des énergies fossiles repose sur l'électrification des usages thermiques par des pompes à chaleur ou des raccordements à des réseaux de chaleur urbains. Le financement de cette transition repose sur un engagement volontaire dans un contexte où le prix du gaz reste très inférieur à celui de l'électricité.

Cette démarche de sortie des énergies fossiles s'accompagne de la mobilisation du foncier des gares pour la production d'énergie photovoltaïque, encouragée par les lois Climat & Résilience et APER, impliquant la solarisation de 350 000 à 600 000 m² de parkings et toitures. Ces installations, *via* des modèles d'auto-consommation, contribuent à la sécurité énergétique des gares mais posent un véritable défi économique et

opérationnel dans des contextes urbains, patrimoniaux et ferroviaires complexes.

Mieux gérer les flux de matières : déchets et eau

Exploiter les gares durablement, c'est aussi intégrer les principes de l'économie circulaire pour optimiser les flux de matières. Cela concerne notamment la gestion des déchets des commerces et des voyageurs, avec l'installation de corbeilles de tri, une logistique de collecte séparée et une refonte complète des processus pour une valorisation maximale.

De la même manière, la gestion de l'eau intègre des actions de sobriété, avec limitation des usages, récupération des eaux pluviales ou d'exhaure dans certains projets, et un pilotage pour détecer les dérives de consommation par le programme Smart Station.

Démarche d'éco-conception

Le patrimoine des gares requiert un effort constant de régénération et de réinvention pour accompagner le développement du ferroviaire. Avec près d'un milliard d'euros d'investissements annuels, ces travaux ont un impact significatif en termes d'émissions carbone, évalué à environ 100 ktCO₂/an⁴.

Le cadre réglementaire renforce les exigences de performance environnementale des projets. L'entrée en vigueur de la Réglementation Environnementale 2020, en introduisant l'analyse de cycle de vie, encourage une transformation structurelle des pratiques de conception et de réalisation incarnée dans la démarche d'éco-conception de l'entreprise.

Faire avec le déjà-là et dimensionner au juste besoin

En tant que gestionnaire d'un patrimoine architectural remarquable, SNCF Gares & Connexions doit concilier croissance des flux, transformation de ses actifs et conservation d'un parc bâti historique. Cette exigence de conservation limite le recours à des matériaux neufs, émetteurs de gaz à effet de serre et consommateurs de ressources naturelles, en cohérence avec les principes de l'économie circulaire. Composer avec le déjà-là, inhérent aux activités d'un gestionnaire de patrimoine, devient ainsi le premier principe d'une démarche d'éco-conception des gares.

Simultanément, l'accueil de nouveaux flux sur un foncier contraint impose une relecture de l'utilisation des espaces. Le dimensionnement au juste besoin est un second principe clé. Il s'agit donc de désaturer les flux dans les gares par l'intensification maximale des usages en optimisant les fonctions et les parcours des usagers, dans une logique de frugalité constructive.

⁴ *Ibid.*

Réduire les impacts environnementaux des projets de façon systématique et programmatique

Ces deux principes étant appliqués en priorité, une approche systémique de réduction des impacts est à déployer sur les travaux indispensables. C'est l'objectif de la démarche EMC2B, développée par AREP, filiale de maîtrise d'œuvre de SNCF Gares & Connexions. Cette approche interroge les choix de conception à chaque phase du projet, en analysant les impacts environnementaux selon cinq axes : énergie, matière, carbone, climat et biodiversité.

Le chantier de la Gare du Nord Horizon 2024 illustre les bénéfices d'une telle approche globale : le réemploi de matériaux, *in situ* et *ex situ*, a permis d'éviter la production de 241 tonnes de déchets.

La conception frugale de la passerelle de la gare de Saint-Jean-de-Losne, appelée à devenir le nouveau standard, a permis de réduire l'empreinte environnementale par la diminution significative de matières : - 40 % d'acier, - 80 % de béton, et - 50 % d'émissions de CO_{2e}.

La modernisation des gares apparaît ainsi comme un levier puissant de la transition écologique, articulant sobriété constructive, changement de pratiques, innovation fonctionnelle avec continuité historique, culturelle et sociale. Elle doit également être conduite en tenant compte des enjeux immédiats d'adaptation.

S'adapter au climat futur pour assurer la contribution des gares à la décarbonation des mobilités

Les gares, points névralgiques du système ferroviaire, sont exposées aux aléas climatiques affectant leur fonctionnement et leur durabilité de façon variable, depuis les perturbations localisées jusqu'aux dysfonctionnements majeurs compromettant leur exploitation. Face à la multiplication et l'intensification de ces aléas s'impose une adaptation proactive des infrastructures, de l'exploitation et de la maintenance des gares en cohérence avec la TRACC, trajectoire de réchauffement de référence de l'État français, qui table sur un réchauffement moyen en France de + 2,7°C à l'horizon 2050 et + 4°C à l'horizon 2100.

Si l'adaptation au changement climatique apparaît comme un impératif, la méthode à mettre en place n'en demeure pas moins complexe et soulève quatre défis majeurs.

Une vision multi-échelles

Il convient d'appréhender la vulnérabilité des gares *via* une approche multi-échelles, articulant une vision stratégique globale et une compréhension fine des spécificités locales. Fin 2023, un diagnostic a été mené sur l'ensemble des 3 000 gares en France, identifiant huit aléas majeurs et leurs impacts sur les gares, allant de la perturbation des parcours voyageurs aux dégradations structurelles. Pour compléter cette vision macroscopique, une méthodologie d'étude à l'échelle du site

Tableau : Aléas climatiques et impacts en gare
(Source : SNCF Gares & Connexions)

Principaux aléas impactant les gares	Exemples d'impact en gare
Inondations	<ul style="list-style-type: none"> • Espaces inaccessibles, parcours voyageur perturbé • Équipements techniques dégradés ou mis hors d'usage
Fortes chaleurs	<ul style="list-style-type: none"> • Malaises de personnes • Défaut de fonctionnement des installations techniques, d'information voyageur, de vidéo surveillance
Retrait-gonflement des argiles (RGA)	<ul style="list-style-type: none"> • Fissures et dégâts structurels sur les bâtiments à faible fondation, réseaux enterrés et voies/voieries
Sécheresse	<ul style="list-style-type: none"> • Usages dégradés de l'eau • Limitation des usages suite aux arrêtés préfectoraux
Vents forts	<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation du bâti • Blessures liées au décrochage d'éléments avec une prise au vent

est en cours de développement, sous forme de projets pilotes (à Bordeaux, Nantes, Poitiers et aux Yvelines) afin de prendre en compte la diversité des contextes géographiques, des infrastructures concernées et des aléas.

Un cadre de priorisation à définir

Deuxièmement, étant donné le contexte de ressources financières limitées, un cadre de priorisation des mesures d'adaptation est à définir. Pour SNCF Gares & Connexions, cette vision stratégique s'appuie sur trois axes :

- privilégier les efforts sur les gares jouant le rôle le plus stratégique pour les missions de l'entreprise ;
- prévenir la dégradation majeure et irréversible des infrastructures ;
- intégrer l'adaptation dans les projets en cours et à venir afin d'éviter des réinvestissements prématurés.

Ces critères de priorisation sont des prérequis au dimensionnement des investissements réalistes et soutenables pour financer les solutions d'adaptation à mettre en œuvre.

Un besoin d'agilité

Si la TRACC fixe un cap, la stratégie d'adaptation ne sera efficace que si elle intègre les données actualisées (comme les émissions réelles de GES) et les retours d'expérience du terrain. Les solutions « sans regret », efficaces quels que soient les scénarios, sont à privilégier : par exemple, adapter le zonage pour limiter l'exposition aux risques ou renforcer la sensibilisation lors de fortes chaleurs. Il convient aussi de favoriser des mesures polyvalentes, comme la désimperméabilisation et la végétalisation qui réduisent à la fois le risque d'inondation et les îlots de chaleur.

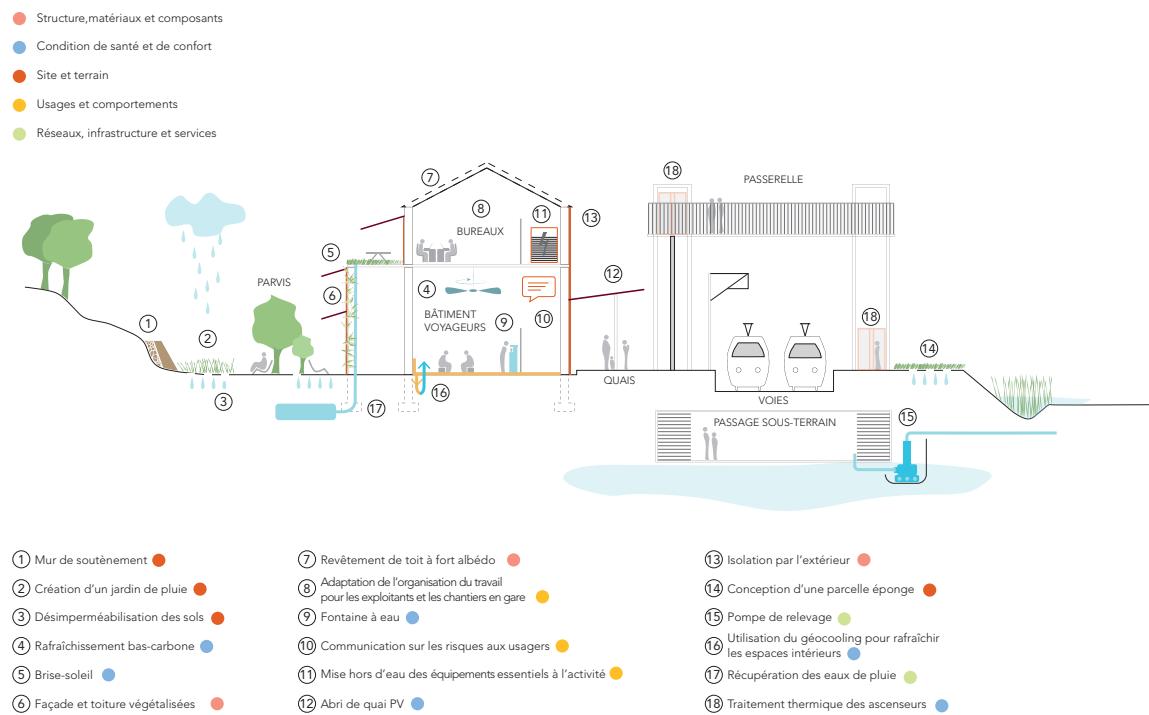


Figure 1 : Schéma des premières solutions d'adaptation à mettre en œuvre dans les gares
(Source : SNCF Gares & Connexions (2025)).

Une démarche multi-acteurs

Enfin, la transversalité des enjeux requiert une coordination étroite entre acteurs dans une logique systémique et territoriale. Celle-ci est structurée au sein du groupe SNCF et gagnerait à se renforcer et à s'étendre à l'ensemble des gestionnaires d'actifs et acteurs publics d'un territoire, à l'échelle de « bassins de risques ». Quelques démarches ont été initiées dans certains territoires sous l'impulsion de régions ou d'AOM⁵ mais demeurent ponctuelles. Un référentiel partagé est indispensable pour harmoniser les approches et rendre les démarches d'adaptation opérantes.

Conclusion

Confronter les gares au défi climatique requiert une approche systémique complète articulant atténuation et adaptation. Cela nécessite une action à trois niveaux : refonte des modèles d'exploitation, déploiement de l'éco-conception et développement de la résilience au climat futur.

Si ces démarches sont convergentes avec les enjeux de frugalité économique d'un gestionnaire d'infrastructures publiques, elles apparaissent aussi intensives en investissements, notamment pour assurer la sortie des énergies fossiles et la résilience au changement climatique. Réussir la transition environnementale des gares, sans peser sur le coût du train et donc sur les « touchers de gare », péages dus par les transporteurs utilisateurs des gares, impose de mobiliser des financements externes : subventions des autorités organisatrices de la mobilité

ou de fonds dédiés à la transition, fonds européens, ou encore subventions des agences de l'eau.

Seule une mobilisation large des parties prenantes et des financeurs permettra une transition des gares en cohérence avec les enjeux de croissance et de développement du ferroviaire.

Bibliographie

- SNCF GARES & CONNEXIONS (2025), « Adaptation au changement climatique : Stratégie et plan d'action de SNCF Gares & Connexions ».
- SNCF RESEAU (2024), « Adaptation au changement climatique : Stratégie de SNCF Réseau ».
- CHABANEL M. et al. (2025), « SNCF Réseau mobilisée pour l'adaptation au changement climatique : une profession de foi », Article de SNCF Réseau, *Annales des Mines - Responsabilité & Environnement*, n°118, L'adaptation de l'industrie au changement climatique (avril 2025).
- MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHESION DES TERRITOIRES (2023), « Feuille de route décarbonation du cycle de vie du bâtiment ».
- FARANDOU J.P. (2022), « Le fer contre le carbone. Doubler la place du train pour une vraie transition climatique ».
- MENARD R. (2021), *L'invention de la gare post-carbone*, AREP Éditions.
- SNCF GARES & CONNEXIONS, AREP (2025), « Végétaliser les parvis de gares », Guide pratique.
- SNCF GARES & CONNEXIONS (2023), « Penser, transformer, construire les gares de France ».
- BARON N. (2025), « Chaleur et gestion des gares : défis opérationnels et solutions collaboratives », *Revue Ingenius - École des Ponts*.

⁵ Autorités Organisatrices de la Mobilité.

Le Grand Paris Express : au-delà du projet d'infrastructure, un laboratoire pour la transition écologique

Par John TANGUY

Directeur exécutif en charge de la stratégie, de l'environnement et de l'innovation du Grand Paris Express

Et Abdelfeteh SADOK

Responsable de la stratégie économie circulaire du Grand Paris Express

Projet d'envergure pour la mobilité durable en Île-de-France, le Grand Paris Express est aussi un laboratoire à ciel ouvert pour transformer la manière de construire. Au-delà de ses 200 km de lignes et 68 nouvelles gares qui relient les territoires et réduisent l'usage de la voiture, il s'impose comme un levier méthodologique unique : en intégrant la contrainte environnementale au cœur du chantier, la Société des grands projets a prouvé qu'elle peut devenir un moteur d'innovation et de compétitivité. Cette « méthode GPE », testée à grande échelle, ambitionne désormais d'inspirer toute la filière et de diffuser des pratiques plus sobres, circulaires et résilientes, bien au-delà de l'Île-de-France.

Projet d'infrastructure majeur du XXI^e siècle, le Grand Paris Express¹ est souvent présenté sous l'angle de ses bénéfices attendus en matière de mobilité et de développement territorial. Si sa finalité est intrinsèquement écologique – report modal, lutte contre l'étalement urbain, réduction des émissions de gaz à effet de serre –, sa contribution la plus structurante à la transition écologique réside peut-être ailleurs : dans la méthode. En pilotant ce chantier hors norme, la Société des grands projets (SGP) a transformé le Grand Paris Express en un laboratoire à ciel ouvert. Elle a développé et éprouvé à grande échelle des outils et des approches qui préfigurent une nouvelle manière de construire, plus sobre, plus circulaire. Cet article analyse comment, par la méthode, plus encore que par ses effets, le Grand Paris Express s'impose comme un levier de transformation de toute une filière.

Le Grand Paris Express est avant tout une promesse de transformation pour la région Île-de-France : 200 kilomètres de lignes automatiques et 68 nouvelles gares pour relier les territoires de banlieue à banlieue, désenclaver des bassins de vie et d'emploi, et offrir une alternative crédible à l'usage de la voiture individuelle à près de trois millions de voyageurs quotidiens. Par cette vocation, le projet est un pilier central de la transition écologique régionale. En favorisant un aménage-

ment urbain plus dense et polycentrique autour de ses gares, il contribue à limiter l'artificialisation des sols et, à terme, son exploitation permettra d'éviter entre 750 000 et 1,2 million de tonnes d'équivalent CO₂ par an² [1].

Cependant, une analyse se limitant à ces seuls effets serait incomplète. Un « chantier du siècle » est aussi, par définition, un consommateur massif de ressources et un producteur d'impacts durant sa phase de construction. La véritable portée écologique d'un tel projet se mesure donc autant, si ce n'est plus, à sa capacité à innover dans ses propres pratiques. Conscient de cette responsabilité, la Société des grands projets a fait du chantier un levier stratégique pour accélérer la transformation des métiers de la construction et des travaux publics. C'est cette dimension méthodologique qui fait du Grand Paris Express un projet écologique exemplaire.

Loin de se contenter d'appliquer la réglementation, la SGP a utilisé la commande publique comme un puissant outil de transformation, en intégrant des exigences environnementales fortes et en encourageant l'innovation à chaque étape.

¹ <https://www.grandparisexpress.fr/>

² Le projet est significatif à l'échelle de la France, qui émettait 369 Mt CO₂_{eq} en 2024.

Des achats publics comme levier d'innovation et créateurs de standards nouveaux

La SGP a systématisé l'intégration de critères environnementaux ambitieux et mesurables dans ses appels d'offres, afin de valoriser les entreprises les plus vertueuses [2]. Pour renforcer la lisibilité de cet engagement, la Société des grands projets a mis en place une méthode de pilotage innovante appelée "Design to Planet", qui place la performance environnementale au même niveau que les critères techniques et financiers. Il s'agit d'une méthodologie de pilotage de projet par la performance environnementale, visant à renforcer l'écoconception et à maximiser cette performance. Elle s'inscrit dans un processus de travail collaboratif et itératif avec le titulaire des études techniques, dès les phases programmatiques. À ce titre, ce dernier est garant de l'applicabilité de la méthodologie tout au long du projet.

L'outil de pilotage DtoP constitue un instrument opérationnel permettant :

- De présenter succinctement le projet de base, ainsi que les variantes ou optimisations d'écoconception proposées par le titulaire des études techniques.
- De mesurer l'impact du projet de base et de chaque variante ou optimisation sur chaque indicateur environnemental, de manière comparative. Ces indicateurs, nécessairement quantitatifs, doivent couvrir *a minima* les dimensions suivantes :
 - les émissions de gaz à effet de serre (en phases construction et exploitation) ;
 - l'artificialisation des sols ;
 - la biodiversité ;
 - l'économie circulaire à travers l'optimisation des flux entrants et sortants (eau, matière, énergie).

Par ailleurs, le référentiel Circulence® vient compléter cette démarche de pilotage, notamment par la recherche d'un maximum de circularité dès les phases de consultation des entreprises. Cette méthodologie opérationnelle renforce l'objectivation des mesures de circularité au sens large (selon les sept piliers de l'économie circulaire définis par l'Ademe) et fournit un cadre structurant fondé sur une cinquantaine d'indicateurs quantitatifs, à destination de l'ensemble des parties prenantes (MOA, MOE et, principalement, les entreprises). Pour cette raison, Circulence a été conçu pour être interopérable avec le *reporting* CSRD et la norme ISO 59020.

Parallèlement, des mécanismes incitatifs ont été déployés pour stimuler l'innovation. La démarche « béton performant » laisse aux entreprises la liberté de formuler leurs bétons pour atteindre des objectifs de performance, ouvrant la voie à des solutions bas-carbone. L'initiative "Reverse Carbon Initiative" va plus loin en finançant directement les innovations des entreprises à hauteur de 100 € par tonne de CO₂ évitée par rapport au projet initial, transformant un surcoût potentiel en avantage compétitif [3].

Faire de la décarbonation et de l'économie circulaire la colonne vertébrale du projet

La Société des grands projets s'est engagée de manière proactive dans la thématique de l'économie circulaire afin de positionner le Grand Paris Express comme un levier majeur de décarbonation et d'économie des ressources, en misant fortement sur l'innovation

La gestion des quelque 48 millions de tonnes de terres excavées a constitué le premier défi et le principal moteur d'innovation. Dès 2012, un objectif ambitieux de 70 % de valorisation a été fixé, atteignant en 2024 56 % pour les déblais et 82 % pour les déchets



Figure 1 : Échelles et niveaux d'évaluations de la méthodologie Circulence [2].

de déconstruction, avec l'atteinte d'un objectif de 15 % d'évacuation des déblais par voie fluviale. En 2024, la Société des grands projets a élaboré une stratégie renforcée de l'économie circulaire, décrite dans son schéma-cadre [3]. L'objectif est de structurer une démarche cohérente de décarbonation et la circularité des pratiques au-delà des concepts pour une application opérationnelle sur les chantiers du Grand Paris Express. Les applications se concrétisent par les principes suivants.

La caractérisation systématique des déblais et déchets

Cette approche fondamentale vise à connaître finement les ressources afin d'optimiser leur gestion, favorisant le réemploi, la valorisation ou le recyclage. En outre, la généralisation des diagnostics Produits, Équipements, Matériaux et Déchets (PEMD) en amont des travaux préparatoires est devenue un pilier opérationnel.

La structuration d'un marché

Avec le HUB de l'économie circulaire, la Société des grands projets a créé une plateforme numérique, pour faire rencontrer l'offre et la demande en matériaux issus des chantiers du Grand Paris Express et de ses partenaires, instaurant une logique d'écologie industrielle et territoriale à grande échelle.

Les ressources identifiées qui ne trouvent pas de débouchés au sein même du projet sont proposées à l'extérieur, soit *via* le service des domaines publics, soit par des conventions de réemploi conclues directement avec les repreneurs. Les opérations les plus courantes concernent notamment les bases-vies des chantiers, les postes transformateurs et différents équipements de chantier, à la recherche d'une seconde vie après le Grand Paris Express.

La traçabilité rigoureuse

L'outil numérique TeRex déployé sur le Grand Paris Express dès 2017, soit 5 ans avant l'entrée en vigueur du Registre national des déchets, terres excavées et sédiments (RNTDS), assure un suivi en temps réel des déblais, depuis leur point d'excavation jusqu'à leur exutoire final. Cette traçabilité, étendue aujourd'hui aux déchets de déconstruction, garantit le respect des filières et la mesure précise des objectifs. Les projets en cours visent à généraliser l'outil de traçabilité aux approvisionnements des chantiers afin de maîtriser le plus largement possible les impacts. À ce jour, 100 % des déchets sont tracés sur TeRex.

La création de filières de valorisation

Au-delà du remblaiement de carrières, la Société des grands projets a activement soutenu la création de débouchés à plus forte valeur ajoutée. Des partenariats ont permis d'utiliser les terres du Grand Paris Express pour des projets d'aménagement paysager (comme le parc du Sempin à Chelles) [5], la production de ciment bas-carbone ou encore la fabrication de matériaux de construction en terre crue.

Un rôle moteur dans l'émergence des solutions innovantes

La Société des grands projets place l'innovation au cœur de sa démarche et s'est positionnée comme un véritable laboratoire. Pour cela, elle s'appuie sur une stratégie multiforme de soutien à l'innovation et sur des appels à projets innovants.

De nombreuses expérimentations ont été menées : par exemple, la production de substrat fertile à partir de déblais du Grand Paris Express, ou le développement d'un liant béton à partir d'argiles calcinées issues de déblais, ainsi que l'incorporation de déblais dans des éléments préfabriqués en béton. Les résultats de ces travaux sont ensuite valorisés afin de stimuler l'innovation des entreprises, créer des référentiels (comme le guide des éco-matériaux), et être partagés avec l'ensemble de la filière. Des initiatives telles que le projet « Cycle Terre » ou « Les eaux du GPE » illustrent clairement cette volonté d'expérimenter et de créer des synergies industrielles et territoriales pour transformer les déblais et les eaux souterraines en ressources valorisables [6].

La force de l'écosystème partenarial

Cette transformation n'est pas le fruit d'un acteur isolé. La Société des grands projets œuvre pour fédérer un large réseau de partenaires, notamment par l'élaboration ou la signature de chartes avec les collectivités (comme Hors Site, le Pacte Fibrois IDF, la Charte métropolitaine de la construction circulaire, ou encore la Charte d'architecture des gares du Grand Paris Express), qui encadrent et renforcent ses engagements environnementaux et circulaires.

Elle agit également en partenariat avec le monde académique et la recherche, *via* le financement de thèses et de chaires industrielles, afin de valider scientifiquement de nouvelles solutions.

Enfin, les entreprises et les filières professionnelles sont aussi mobilisées à travers des réseaux comme RELIEFS (Réseau des Entreprises Liées aux Excavations Faites pour la Société des grands projets), pour partager les retours d'expérience et lever les freins opérationnels [4].

Une méthode de projet reproductive pour l'ensemble du secteur

L'héritage le plus durable du Grand Paris Express pourrait bien être la méthode de projet qu'il continue de forger sur le terrain. En systématisant et en outillant sa démarche environnementale, la Société des grands projets converge vers la proposition d'un modèle reproductive. La clé réside dans la formalisation d'une « boîte à outils » stratégique, opérationnelle et transférable à l'ensemble de la filière, afin de favoriser la montée en compétence collective.

À l'instar de la méthode "Design To Planet" et "Circulence", l'outil CarbOptimum® mérite d'être mis en avant. Il s'agit d'un outil qui permet d'estimer et d'évaluer l'impact carbone des projets en cours et à venir dans le cadre du Grand Paris Express [5] et [6]. La méthodologie s'aligne sur les standards reconnus, tels que le Bilan Carbone® de l'Ademe. L'utilisation de cet outil permet à la Société des grands projets de mesurer et de piloter les émissions du projet, contribuant ainsi à son objectif de réduire de 25 % supplémentaires les émissions de gaz à effet de serre liées à la construction du Grand Paris Express, ce qui représente 1,1 million de tonnes équivalent CO₂.

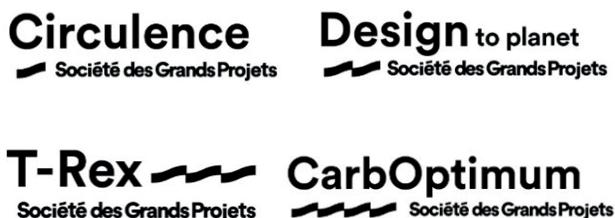


Figure 2 : Les marques déposées, disponibles en *open data* pour d'autres MOA ou pour d'autres filières publiques [8].

Conclusion

Le Grand Paris Express est un projet à double portée. Levier de la transition écologique de la métropole par la mobilité durable qu'il rendra possible, il l'est tout autant par le re-questionnement méthodologique qu'il a initié dans le monde de la construction.

En se positionnant comme un démonstrateur à l'échelle 1:1, il a prouvé, et continue de démontrer, que la contrainte environnementale, lorsqu'elle est intégrée de manière stratégique et outillée, se transforme en un puissant moteur d'innovation et de compétitivité.

Le défi, désormais, est d'assurer la dissémination de ces nouvelles pratiques pour qu'elles ne restent pas l'apanage d'un projet exceptionnel. En capitalisant sur les retours d'expérience et en perfectionnant et diffusant largement les outils développés, la « méthode GPE » a le potentiel de devenir un standard inspirant pour les grands projets d'aménagement, en France comme à l'international, et d'accélérer ainsi la transition de tout un secteur vers un modèle plus sobre et résilient.

La Société des grands projets est déjà à l'œuvre et poursuit cette dynamique en intervenant désormais partout en France, pour le déploiement des Services express régionaux métropolitains (SERM). Projets majeurs d'aménagement du territoire, ils visent – comme le Grand Paris Express – à améliorer la mobilité du quotidien en désenclavant certains territoires et en offrant des alternatives à la voiture individuelle. L'expérience acquise en Île-de-France en matière de transition écologique est d'ores et déjà mise au service de ces projets.

Références bibliographiques

- [1] WILLEMIN F. (Société du Grand Paris) (30 Septembre 2021), « L'écoconception et la réalisation du Grand Paris Express ».
- [2] SOCIÉTÉ DES GRANDS PROJETS (Novembre 2024), « Circulence® Indicateurs de mesure des pratiques circulaires ».
- [3] SOCIÉTÉ DES GRANDS PROJETS (Février 2024), « Schéma cadre Économie circulaire Grand Paris Express ».
- [4] SADOK A. & GAUDRON T. (Septembre-Octobre 2022), « Bien intégrer un chantier dans l'environnement », *Centrale Supélec Alumni*, (12), pp. 24-25.
- [5] SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS (Juillet 2021), "Green Bond Reporting 2020".
- [6] SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS (Janvier 2023), "Green Bond Reporting 2021".
- [7] SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS (Novembre 2015), « Un métro écologique pour une ville intelligente et durable. Notre contribution à la COP21 ».
- [8] SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS (Août 2025), "Green Bond Reporting 2024".

Enjeux juridiques environnementaux et gestion du risque contentieux dans les projets d'infrastructures ferroviaires

Par Maître Pascale PESSOA

Avocate *of counsel* au cabinet Frêche & Associés

Et Maître Thomas GARANCHER

Avocat associé au cabinet Frêche & Associés

Les grands projets d'infrastructures, lorsqu'ils se concrétisent, résultent souvent de plusieurs dizaines d'années d'études et de concertation.

Le cadre juridique qui leur est applicable a, de ce fait, souvent évolué notablement depuis les premières décisions qui en sont à l'origine.

Le droit de l'environnement illustre à cet égard, de par son caractère particulièrement mouvant, les difficultés que la prise en compte de ces évolutions soulève pour les acteurs du ferroviaire, à toutes les étapes des projets et jusqu'à leur mise en service.

Les procédures à conduire en vue de la construction d'une nouvelle infrastructure sont plurielles et leur articulation complexe, en particulier lorsque des évolutions majeures des exigences réglementaires sont intervenues depuis leur genèse.

Les acteurs du ferroviaire devront ainsi faire preuve d'une vigilance de chaque instant dans la conduite de leurs projets, dans un contexte d'opposition contentieuse croissante.

Des projets d'ampleur aux réalités physiques complexes

Les grands projets d'infrastructure, et en particulier les lignes ferroviaires nouvelles, sont issues de réflexions et de décisions prises à l'échelon local¹, national², voire international³, ce qui suppose pour les acteurs du ferroviaire un dialogue et une prise en compte des attendus de ces autorités diverses dans la mise en œuvre de leurs projets.

Outre la relative complexité que ce contexte peut impliquer au plan des échanges et de l'harmonisation décisionnelle, les grands projets ferroviaires traversent des espaces géographiques vastes et variés, souvent sur plusieurs départements voire régions.

Les grands projets nationaux d'infrastructures, notamment de lignes ferroviaires à grande vitesse, s'inscrivent dans un espace géographique étendu et un environnement physique et technique complexe. De ce fait, ces projets nécessitent au plan juridique la prise en compte de nombreux enjeux et une articulation complexe des procédures applicables, le tout au sein d'un processus d'évaluation environnementale nécessairement global.

Les porteurs de projets et leurs bureaux d'études doivent dans ce contexte intégrer tout au long du processus d'évaluation environnementale⁴ l'ensemble des enjeux de chaque territoire en lien avec :

- le milieu physique et naturel : bassins hydrographiques divers, continuités écologiques et trames vertes et bleues locales, diversité des habitats et

¹ Arrêté inter-préfectoral déclarant d'utilité publique le projet concernant la réalisation des phases 1 et 2 de la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur (LNPCA) ; arrêté préfectoral du 4 janvier 2015 déclarant d'utilité publique les aménagements ferroviaires au nord de Toulouse ; arrêté préfectoral du 25 novembre 2015 déclarant d'utilité publique les aménagements ferroviaires de Bordeaux.

² Décision ministérielle du 30 mars 2012 approuvant le tracé du Grand Projet Ferroviaire du Sud-Ouest ; décret n°2016-738 du 2 juin 2016 déclarant d'utilité publique et urgents les travaux nécessaires à la réalisation des lignes ferroviaires à grande vitesse Bordeaux-Toulouse et Bordeaux-Dax.

³ Accord entre le Gouvernement de la République française et le Gouvernement du Royaume d'Espagne concernant la construction et l'exploitation de la section internationale d'une ligne ferroviaire à grande vitesse entre la France et l'Espagne (façade méditerranéenne), signé à Madrid le 10 octobre 1995 ; Règlements CE n°680/2007, UE 1316/2013 et 2021/1153.

⁴ Issu de la directive 2011/92/UE, transposée aux articles L.122-1 et suivants du code de l'environnement.

- espèces naturelles, trames paysagères, patrimoine culturel, etc. ;
- le milieu humain : urbanisation locale, impacts sur le foncier et les biens en général, réduction des nuisances sonores et des effets sur la santé humaine, etc.

Cette diversité d'enjeux et d'échelles suppose souvent l'intervention de nombreux bureaux d'études spécialisés et une bonne articulation de leurs travaux afin d'assurer l'élaboration d'une étude d'impact cohérente et tenant compte des interactions entre les différents compartiments de l'environnement sur lesquels le projet influe.

À cela s'ajoute la nécessité d'effectuer cette analyse à l'échelle du projet global appréhendé de manière assez extensive par les textes sous l'impulsion de la jurisprudence européenne⁵, ce « y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité »⁶.

Le porteur de projet d'ouvrage ferroviaire doit ainsi tenir compte, pour définir le périmètre de l'évaluation environnementale :

- des différentes composantes de ses ouvrages susceptibles de former un même projet au regard de leurs liens fonctionnels ainsi que du faisceau d'indices suivant : proximité géographique ou temporelle, similitudes et interactions entre les différentes composantes du projet, objet et nature des opérations ;
- de l'ensemble des installations, ouvrages et équipements connexes ne relevant pas de sa maîtrise d'ouvrage : déviations de réseaux électriques ou d'ouvrages de transport de substances dangereuses, rétablissements routiers ou autoroutiers, installations classées nécessaires aux travaux, etc.

Les attentes très fortes sur la qualité de l'évaluation environnementale réalisée se cristallisent notamment au stade de l'avis de l'Autorité environnementale, laquelle peut se montrer extrêmement critique et aller au-delà des exigences jurisprudentielles sur le caractère suffisant de l'étude, notamment eu égard à la notion de projet⁷.

Le choix du périmètre du projet retenu est également un sujet de débat contentieux fréquent au sein des critiques faites à l'étude d'impact (elle-même source de la majorité des arguments contentieux), bien que la jurisprudence plus récente tende à poser des limites à une

⁵ CJUE, 28 février 2008, Paul Abraham e.a., C-2/07, point 42. Voir également CJUE, 25 juillet 2008, Ecologistas en Acción-CODA, C-142/07 ; CJUE, 10 décembre 2009, Umweltanwalt von Kärnten, C-205/08, point 51 ; CJUE, 27 mars 2014, Ayuntamiento de Beníferi, C-300/13, point 22.

⁶ Cf. article L. 122-1 du code de l'environnement.

⁷ Voir par exemple l'avis délibéré de l'IGEDD rendu le 22 décembre 2021 sur l'étude d'impact du dossier de mise de mise en service de l'EPR de Flamanville, émettant des recommandations concernant le périmètre du projet et sur la solution retenue par le Conseil d'État par décision du 12 avril 2013 (n°342409).

vision trop englobante de la notion de projet, notamment pour les infrastructures routières nécessairement interconnectées⁸.

L'étude d'impact réalisée sur ces bases aura vocation à s'intégrer pleinement à l'ensemble des procédures administratives applicables pour chaque composante du projet tant au plan géographique (plusieurs autorisations sont souvent nécessaires pour le phasage de la réalisation de l'infrastructure) que de la maîtrise d'ouvrage (certains ouvrages et équipements connexes relevant de maîtres d'ouvrage différents et de procédures d'autorisations spécifiques, au titre du code de l'énergie⁹ notamment).

Cette évaluation environnementale d'un projet déjà complexe d'un point de vue technique et physique, devra également s'adapter tout au long des procédures d'autorisation à conduire en vue de sa réalisation, tout en intégrant au fil du temps de nouvelles exigences législatives et réglementaires.

Des projets de long terme face à un environnement juridique mouvant

Les grands projets d'infrastructure font l'objet, en amont de toute procédure d'autorisation, d'un certain nombre d'études préliminaires et de procédures de participation du public.

Dès ces premières étapes, notamment de débat public¹⁰ et d'analyse des fuseaux pour le tracé de la ligne, les acteurs du ferroviaire doivent tenir compte de l'ensemble des exigences environnementales dans une perspective itérative de l'évaluation environnementale qui devra être alimentée tout au long des autorisations du projet (déclaration d'utilité publique - DUP, autorisations environnementales, etc.). À ce titre, les réflexions sur l'évitement des zones à enjeu¹¹ ainsi que celles associées à l'absence de solution alternative¹² devront être initiées dès les prémisses et poursuivies à chaque étape procédurale.

Le maître d'ouvrage devra poursuivre ce processus, de même que la prise en compte et la conciliation de l'ensemble des enjeux humains et environnementaux (impacts fonciers, bénéfices socio-économiques, bilan carbone, ressource en eau, consommation d'espaces naturels, artificialisation des sols...) tout au long de

⁸ CE, 30 décembre 2021, n°438686 ; CE, 12 avril 2013, n°342409 ; CAA Bordeaux, 28 septembre 2023, n°21BX04428.

⁹ Notamment, une DUP au titre de l'article L.323-3 en cas de déviation d'ouvrage électrique nécessitant l'établissement de servitudes d'utilité publique.

¹⁰ Toute ligne ferroviaire nouvelle dont la longueur est supérieure à 40 kilomètres doit faire l'objet d'un débat public, conformément à l'article R.121-2 du code de l'environnement.

¹¹ Liées à la mise en œuvre de la séquence « Éviter, réduire, compenser » de l'évaluation environnementale, conformément aux dispositions des articles L.122-1 et suivants du code de l'environnement.

¹² Condition nécessaire à l'obtention de la dérogation « espèces protégées » prévue à l'article L.411-2 du code de l'environnement.

la concertation continue ; laquelle se poursuit avec les parties prenantes jusqu'à l'ouverture de l'enquête publique préalable à la DUP du projet permettant d'engager l'expropriation des parcelles nécessaires aux travaux.

L'étude d'impact du projet¹³, dans sa première version qui aura la plupart du temps vocation à faire l'objet d'actualisations multiples au fil du temps¹⁴, sera jointe au dossier de cette toute première étape d'autorisation du projet.

Cette pièce majeure du dossier, souvent d'un volume de plusieurs centaines voire de milliers de pages compte tenu de l'échelle de grandeur des projets ferroviaires, devra ainsi être conçue dès l'origine comme adaptable, ce afin de pouvoir l'actualiser dans le périmètre de l'opération concernée en tenant compte :

- des évolutions à venir concernant les caractéristiques du projet lui-même au plan technique (passage d'un niveau d'études avant-projet sommaire - APS - à un niveau d'études projet - PRO) ;
- des changements intervenus dans le milieu naturel (par exemple, la validité estimée d'un inventaire faune-flore quatre saisons est d'environ trois années¹⁵, soit une durée souvent largement insuffisante pour couvrir l'ensemble des étapes d'autorisation du projet d'infrastructure) ;
- des nouvelles exigences législatives et réglementaires intervenues depuis la précédente autorisation, lesquelles n'intègrent pas toujours de dispositions transitoires pour faciliter leur intégration (voir en ce sens, par exemple, l'évolution de la définition des zones humides opérée par la loi du 24 juillet 2019 portant création de l'Office français de la Biodiversité et de l'article L.350-3 du code de l'environnement relatif à l'autorisation de porter atteinte aux alignements d'arbres issue de la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, dont les dispositions ont été jugées applicables par le Conseil d'État dès leur entrée en vigueur et en l'absence de décret d'application¹⁶).

De la même manière, sur un pas de temps long, de grandes réformes du régime procédural applicable sont

susceptibles d'intervenir¹⁷, nécessitant alors d'articuler des régimes et dispositions anciennes et nouvelles entre elles, le tout en assurant la prise en compte d'enjeux environnementaux par définition évolutifs.

Une fois l'ensemble des autorisations nécessaires à la réalisation du projet obtenues, ou à tout le moins de certaines de ses composantes, ce qui peut nécessiter dans certains cas plus d'une dizaine d'années, les travaux pourront démarrer.

C'est alors que débutera une longue phase de risque contentieux, qui se poursuivra jusqu'à la mise en service de l'infrastructure, et même parfois au-delà.

Une pression contentieuse et une opposition de plus en plus marquées

Bien que, naturellement, les recours tendant à l'annulation des actes délivrés en vue de la réalisation de grands projets aient toujours existé, l'on constate en pratique un accroissement de l'opposition à ces projets et de la pression contentieuse associée.

En ce sens, les oppositions structurées contre les projets mettent tous les moyens en œuvre en vue de leur mise à l'arrêt, de leur abandon, voire de leur démolition s'ils ont été réalisés. Schématiquement, on peut relever les grandes étapes suivantes :

- les déclarations d'utilité publique, constituant souvent la première pierre procédurale du projet, font l'objet de recours tendant à leur annulation, voire de demandes d'abrogation plusieurs années plus tard lorsque les requérants estiment que l'évolution du projet ou de son contexte en justifie l'abrogation, notamment par perte de son utilité publique ;
- les autorisations de police environnementale, embarquées désormais dans l'autorisation environnementale, font également l'objet de recours en vue de leur annulation, voire de leur suspension en référé (en particulier au stade du démarrage des travaux, bien qu'il soit fréquent de constater l'introduction de demandes de suspension y compris plusieurs années après l'édition de l'autorisation) ;
- la réalisation des travaux est régulièrement à l'origine de procédures de référé-liberté devant le juge administratif, en vue d'obtenir l'arrêt des travaux, motif pris d'une atteinte qui serait illégale au droit fondamental que constitue le droit à vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé¹⁸ ;
- au cours des travaux, il n'est pas rare de constater également une pression forte sur le suivi du chantier et la mise en œuvre des mesures d'évitement, de

¹³ Première étape de l'évaluation environnementale, définie comme « un processus constitué de l'élaboration, par le maître d'ouvrage, d'un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, dénommé ci-après "étude d'impact", de la réalisation des consultations prévues à la présente section, ainsi que de l'examen, par l'autorité compétente pour autoriser le projet, de l'ensemble des informations présentées dans l'étude d'impact et reçues dans le cadre des consultations effectuées et du maître d'ouvrage. ».

¹⁴ Cette étude a vocation en règle générale compte tenu de l'étalement dans le temps du projet, à être actualisée dans le périmètre de chaque autorisation, en appréciant les conséquences à l'échelle globale du projet (cf. article L.122-1-1 du code de l'environnement).

¹⁵ Voir en ce sens la note technique ministérielle du 5 novembre 2020 relative au cadrage de la réalisation et de la mise à jour des inventaires faune-flore dans le cadre des projets soumis à autorisation environnementale.

¹⁶ Avis CE, 21 juin 2021, n°446662.

¹⁷ Voir en particulier la réforme de l'évaluation environnementale opérée par l'ordonnance n°2016-1058 du 3 août 2016 relative à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes et celle de l'autorisation environnementale résultant de l'ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale.

¹⁸ CE, 20 septembre 2022, n°451129.

réduction et de compensation prévues par les autorisations, matérialisée notamment par des plaintes adressées au procureur de la République.

À cette augmentation des différentes formes de recours et oppositions (mobilisations sous forme de manifestations, d'occupation de terrains, etc.) auxquels doivent faire face les porteurs de grands projets ferroviaires s'ajoute un risque contentieux accru et le constat de décisions adoptant parfois une vision très restrictive des conditions d'octroi des autorisations, en particulier de la dérogation « espèces protégées » au titre de l'article L.411-2 du code de l'environnement.

Si ces décisions peuvent faire l'objet, en appel, de réformations¹⁹, les conséquences d'une annulation ou d'une suspension, même temporaire, des travaux de construction d'une nouvelle infrastructure de transport sont souvent colossales, notamment pour les finances publiques.

C'est dans ce contexte juridique et procédural très contraint que doivent œuvrer les acteurs du ferroviaire pour mener à bien leurs grands projets d'infrastructures, souvent conduits depuis de nombreuses années en vue d'objectifs, notamment de décarbonation, présentant un enjeu majeur.

¹⁹ Voir jugement du Tribunal administratif de Montreuil sur le projet CDG Express, en date du 9 novembre 2020 (n°1906180), annulé par arrêt de la Cour administrative d'appel de Paris du 28 avril 2022 (n°20PA03994) ; jugement du Tribunal administratif de Toulouse sur l'autoroute A69, en date du 27 février 2025 (n°2303544, 2304976, 2305322), dont la Cour administrative d'appel de Toulouse a prononcé le sursis à exécution par arrêts du 28 mai 2025 (n°25TL00597, 25TL00642 et 25TL00653).

Le rôle de l'Agence de financement des infrastructures de transport de France pour le ferroviaire

Par Franck LEROY

Président de la Région Grand Est

Depuis 20 ans, l'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFIT France) joue un rôle central dans le financement des mobilités durables, en particulier ferroviaires. Grâce à des recettes majoritairement issues des transports carbonés (route et, dans une moindre mesure, aérien), elle soutient les grandes infrastructures comme les projets locaux, et garantit leur financement à long terme dans une logique de programmation pluriannuelle.

Cependant, alors que la nécessaire transition écologique impose des investissements massifs pour le rail, l'Agence est aujourd'hui menacée de suppression, sans garantie de continuité de ses financements. Un paradoxe préoccupant à l'heure où les territoires ont besoin de visibilité pour bâtir des mobilités décarbonées.

Un opérateur au service du financement des mobilités

L'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFIT France), fondée en novembre 2004 par l'État, est l'opérateur qui garantit la mise en œuvre, sur le temps long, des investissements de l'État dans les infrastructures de transport et le matériel roulant ferroviaire (TET). Son action porte sur l'ensemble des modes de transport (hors aérien) – ferroviaire, routier, transports en commun, ports maritimes, voies navigables et mobilités actives – et sur tout le territoire.

Son conseil d'administration, que j'ai l'honneur de présider depuis juillet 2024, associe parlementaires et élus de toutes échelles de collectivités territoriales (régions, départements, communes) afin de les impliquer dans la réflexion stratégique et la déclinaison de la programmation financière.

En 20 ans, l'AFIT France s'est installée dans le paysage institutionnel des mobilités et a prouvé son utilité, notamment pour le rail.

L'AFIT France : outil du temps long et de la programmation pluriannuelle

Les projets et les montants à financer sont déterminés dans le respect du développement durable selon les orientations du Gouvernement, sous contrôle du Parlement.

Les statuts de l'Agence – établissement public national (EPN) – lui confèrent des ressources affectées ou propres (taxes, redevances) et, parfois, des dotations reçues de l'État (par exemple, le plan France Relance).

Ces ressources permettent au domaine des transports de bénéficier d'une sécurité sur les fonds disponibles, notamment vis-à-vis d'éventuels aléas budgétaires annuels. Elle garantit ainsi une programmation pluriannuelle adaptée à la nature des projets, permettant de sanctuariser les engagements pris par l'État sur des dossiers structurants d'aménagement du territoire.

Si l'universalité budgétaire consacre le principe de non-affectation des recettes aux dépenses dans le budget général de l'État – et a pour objectif de garantir une vision globale et non morcelée du budget général – la nature d'EPN de l'Agence lui permet de bénéficier de ressources affectées, issues de l'usage des transports. Ce mécanisme permet d'établir un lien direct entre la ressource et son utilité publique et constitue le levier d'une politique inscrite sur le temps long.

Levier de la transition écologique

Les recettes de l'Agence proviennent très majoritairement de redevances ou de taxes issues des usages de modes de transport « carbonés », c'est-à-dire principalement du secteur routier. En effet, voitures particulières, poids lourds et véhicules utilitaires légers constituent 80 % des 126,8 millions de tonnes équivalent CO₂ émises par les transports intérieurs en 2023¹.

Ainsi, en 2024, les recettes issues de modes de transport très carbonés constituaient près de 90 % des ressources de l'Agence, soit plus de 3,7 milliards d'euros. La même année, l'Agence a attribué près de trois quarts

¹ Commissariat général au développement durable (2025), « Données clés », *Chiffres clés des transports*.

de ses autorisations d'engagement aux projets alternatifs à la route, répartis sur tout le territoire.

Une priorité donnée aux infrastructures ferroviaires

À partir de 2016 – à l'exception de l'exercice 2018 – les crédits consacrés au transport ferroviaire se sont progressivement imposés comme le premier poste de dépenses de l'AFIT France. Depuis la création de l'Agence, les investissements en faveur du rail ont ainsi été presque multipliés par quatre².

Plus largement, les autorisations d'engagement (AE), tous modes confondus, ont connu une dynamique de forte croissance sur la période 2016-2024, avec un quasi-doublement des montants. Cette trajectoire a particulièrement bénéficié aux transports collectifs, aux mobilités actives et, de manière prioritaire, au ferroviaire. Ainsi, les AE destinées au ferroviaire sont passées de 1 002 M€ en 2016 à 2 467 M€ en 2024, année qui constitue un record.

Dans un contexte budgétaire très contraint, le budget de l'Agence enregistre une baisse sensible pour l'exercice 2025. Cette évolution ne remet toutefois pas en cause les engagements pris antérieurement, qui continueront d'être honorés.

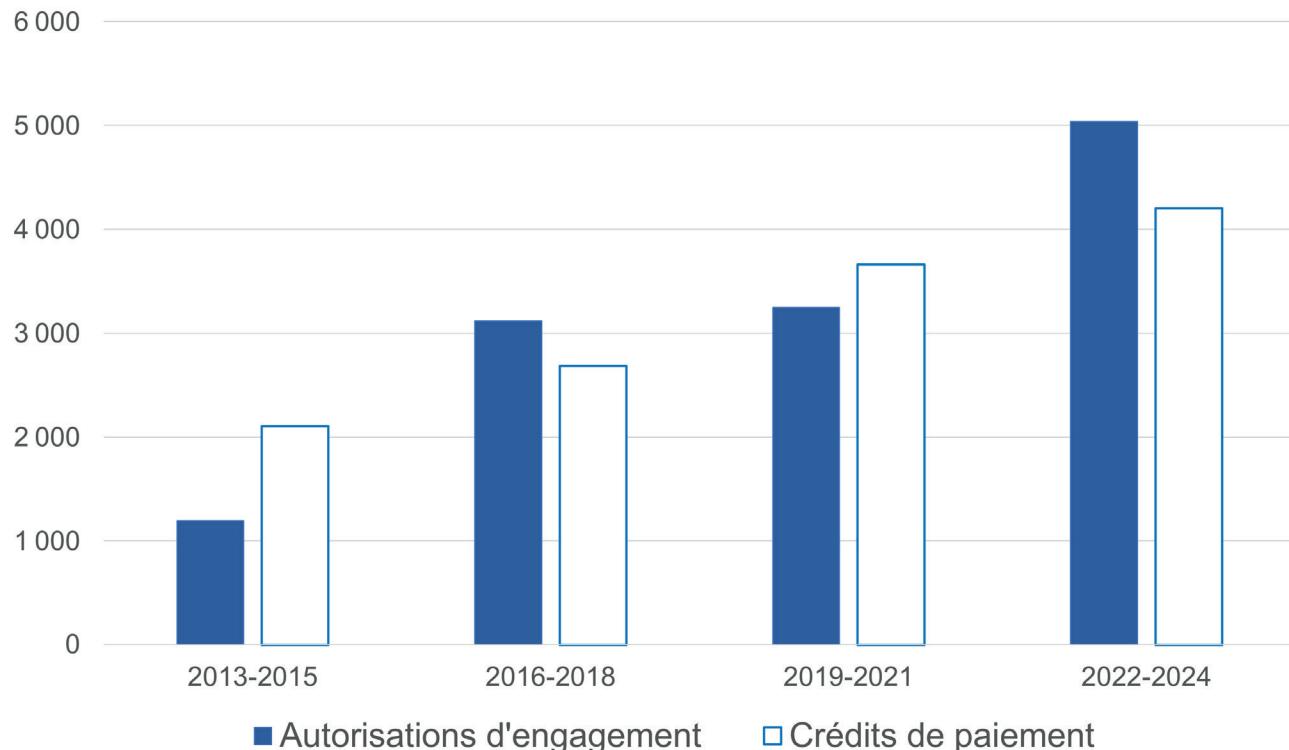
Les interventions de l'Agence en faveur du mode ferroviaire se déclinent principalement autour de deux axes : le soutien aux projets d'infrastructures nouvelles corres-

pondant aux besoins de mobilités durables et favorisant le report modal ; le financement de projets de modernisation, visant à faciliter les conditions d'exploitation et garantir une haute qualité de service aux usagers.

Un soutien indispensable aux projets ferroviaires d'importance nationale et internationale...

L'AFIT France joue un rôle majeur dans la réalisation de grands projets structurants, visant à renforcer la cohésion des territoires et garantir une égalité d'accès aux transports rapides et décarbonés.

Parmi ces projets d'envergure figurent plusieurs opérations dotées de leur propre société de pilotage, comme la partie française de la liaison ferroviaire Lyon – Turin, la ligne nouvelle Montpellier – Perpignan, la ligne nouvelle Provence – Côte d'Azur ainsi que la ligne nouvelle du Sud-Ouest (LNSO, anciennement GPSO). Cette dernière constitue la figure de proue des grands projets nationaux. À terme, elle vise à amener la grande vitesse jusqu'à Toulouse, quatrième ville de France avec plus de 500 000 habitants, encore non desservie par le réseau de lignes à grande vitesse. À l'horizon 2032, elle permettra de relier Paris à Toulouse en 3 h 10, contre 4 h 40 aujourd'hui. Le projet accompagne également le déploiement des Service Express Régionaux Métropolitains (SERM) de Bordeaux et de Toulouse, pour lesquels l'AFIT France a engagé plus de 1 milliard d'euros.



² Les dépenses pour le transport ferroviaire s'élevaient à 442,1 M€ en 2005 et à 1 674,8 M€ en 2024.

Figure 1 : Investissements de l'AFIT France pour le ferroviaire, en millions d'euros, par période triennale depuis 2013 (Source : AFIT France).

... qui n'omet pas les projets de desserte locale et d'amélioration du service et des infrastructures existantes

Ces grands projets ne doivent cependant pas occulter la diversité et l'importance de nombreux projets locaux et nationaux, déployés sur l'ensemble du territoire, qui constituent la condition *sine qua non* de l'amélioration des mobilités du quotidien. Leur détail est présenté dans les rapports d'activité successifs de l'Agence.

À titre d'exemple, l'AFIT France a été partie prenante du premier partenariat public-privé (PPP) ferroviaire portant sur le déploiement du Global System for Mobile Communication - Railway (GSM-R), un système de communication sans fil permettant l'harmonisation des communications ferroviaires à l'échelle européenne. Ce PPP, conclu en 2010 pour une durée de 15 ans entre la SNCF Réseau (Réseau ferré de France à l'époque de la signature) et Synerail, société créée pour l'occasion, prévoyait l'investissement de près de 1,5 milliard d'euros. Le déploiement des 2 000 bornes relais sur les 12 000 km prévus s'est achevé en 2016, et deux versements assurés par l'AFIT France sont venus clôturer le PPP en mars et septembre 2024.

L'Agence intervient également dans l'achat de matériel roulant pour les lignes d'équilibre du territoire (TET), qui jouent un rôle essentiel dans la desserte des villes non connectées par les lignes à grande vitesse. En 2024, elle s'est notamment engagée à financer l'achat de nouvelles rames Oxygène auprès du constructeur CAF pour la ligne Bordeaux – Marseille. Cette liaison constitue l'une des principales lignes de TET, ayant transporté plus d'un tiers de l'ensemble des passagers des lignes d'équilibre du territoire en 2023.

En revanche, la régénération du réseau reste pour l'instant, à l'exception de 2023, hors du périmètre d'intervention de l'AFIT France : la SNCF Réseau dispose en effet d'un fonds de concours pour faire face au vieillissement du réseau ferré national, propriété de l'État. SNCF Réseau, qui a succédé à RFF en 2015, gère aujourd'hui l'essentiel du réseau ferré et mobilise pour cela des moyens financiers considérables, en constante augmentation.

Les défis à venir pour l'Agence et le financement des transports

Le mercredi 9 juillet 2025, Dominique Bussereau a remis le rapport final de la conférence « Ambition France Transports » au ministre des Transports, Philippe Tabarot.

À l'approche de la fin des concessions autoroutières, face à un besoin de refonte du modèle de financement, ce document esquisse les perspectives d'une future loi-cadre – annoncée par le ministre. Il explore les besoins en financement, notamment relatifs au transport ferroviaire. La dette grise, issue du manque d'investissement depuis plusieurs décennies, doit être rattrapée. Aussi, le document estime que les besoins en financement devront être réévalués de 1,5 milliard d'euros par

an à partir de 2028, pour la régénération et la modernisation du réseau ferré national.

Le défi de la transition écologique et énergétique doit encore être relevé, dans un souci d'accessibilité des déplacements pour tous et face à une dépendance toujours marquée à la voiture individuelle. Cet objectif ne saurait être atteint sans un renforcement significatif des investissements pour le transport ferroviaire, un cap clair pour l'avenir de nos mobilités et une visibilité sur nos ressources.

Pourtant, et malgré le besoin de mesures concrètes et rapides, l'Agence est confrontée à la menace de sa suppression. L'Assemblée nationale a en effet adopté, le 17 juin 2025, le projet de loi de simplification de la vie économique, qui introduit une disposition prévoyant l'abrogation des articles législatifs des statuts de l'Agence au 1^{er} janvier 2026. Le texte définitif sera débattu lors de la commission mixte paritaire, prévue en septembre 2025. D'autre part, le Sénat, qui a créé une commission d'enquête sur les missions des agences, opérateurs et organismes consultatifs de l'État, préconise sa réinternalisation dans l'administration centrale du ministère des Transports.

La suppression de l'Agence serait de mauvais augure pour le monde des transports, alors même qu'elle ne générerait aucune économie significative : les dépenses de fonctionnement de l'Agence ne représentent que 0,02 % de son budget. Aussi, et plus préoccupant encore, aucune disposition n'a été introduite pour assurer la continuité des financements de l'AFIT France, dont les restes à payer s'élèvent à plus de 14,6 milliards d'euros.

La sauvegarde de l'Agence, et – dans le sens du rapport Ambition France Transport – l'élaboration d'une trajectoire pluriannuelle d'affectation de ressources suffisantes et pérennes, permettrait d'assurer les financements d'infrastructures de transport au bénéfice des territoires, lesquels ont cruellement besoin de fiabilisation et de visibilité, pour construire des politiques de mobilités pertinentes et bas carbone.

La santé et la sécurité des salariés face au changement climatique

Par Jean-Yves BERTHO

MESEA

Les conséquences du changement climatique sont visibles avec plus ou moins d'intensité et engendrent des événements météorologiques extrêmes : hausse des températures, sécheresse, vagues de chaleur, incendies, précipitations, inondations et tempêtes.

Le secteur ferroviaire, comme tout autre secteur d'activité, n'est pas épargné par la nécessité de s'adapter à celui-ci.

S'appuyant sur des études scientifiques qui modélisent les changements climatiques du siècle à venir, la démarche du gestionnaire d'infrastructure a consisté à évaluer les impacts potentiels pour la LGV SEA, son exploitation et sa maintenance.

Mais qu'en est-il pour les salariés qui interviennent pour réaliser la maintenance 7 jours sur 7 tout au long de l'année et qui sont confrontés au changement climatique ? Quelles sont les mesures de sécurité possibles ? Comment pouvons-nous agir en amont pour réduire les dangers ?

Introduction

Cet article se concentre exclusivement sur les enjeux de santé et de sécurité des salariés face au changement climatique. Il s'appuie en particulier sur les réflexions menées au sein du groupe Vinci, et plus spécifiquement sur l'expérience concrète de MESEA, société en charge de la maintenance de la ligne à grande vitesse Sud-Europe Atlantique (LGV SEA) reliant Tours à Bordeaux.

L'article n'a pas vocation à traiter des impacts du changement climatique sur l'infrastructure elle-même, ceux-ci faisant l'objet d'une évaluation distincte de la résilience de la ligne, qui examine notamment sa disponibilité, sa maintenance et les opérations de renouvellement associées à son vieillissement.

Le changement climatique

Selon l'Organisation des Nations unies, le « Changement climatique » désigne une modification du climat attribuable directement ou indirectement à l'activité humaine, entraînant une altération de la composition de l'atmosphère mondiale, et venant s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée sur des périodes comparables, de plusieurs décennies.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) précise dans son glossaire¹ que les changements climatiques observés dans le passé

« peuvent être dus à des processus internes naturels [...] à des modulations des cycles solaires, [...] à des éruptions volcaniques ou à des changements anthropiques (d'origine humaine) dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres ».

Les scientifiques n'ont guère de doutes concernant l'origine du changement actuel : il est principalement imputable aux émissions de gaz à effet de serre (GES) liées aux activités humaines.

Quelle différence entre météo et climat ?

Selon Météo-France, les variations météorologiques quotidiennes ne peuvent ni prouver ni infirmer la tendance globale du changement climatique. Le climat se réfère aux tendances sur de plus longues périodes, tandis que la météo représente des événements à court terme.

L'année 2024² se classe parmi les dix années les plus pluvieuses à l'échelle nationale, et avec une température moyenne provisoire d'environ 14°C, se situe parmi les cinq années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1900.

Signe du changement climatique, 9 des 10 années les plus chaudes en France depuis 1959 sont postérieures à 2010.

La température moyenne annuelle de 2024 sera dépassée dans une France à + 2,7°C à l'horizon 2050 et

¹ GIEC, 2013 : Glossaire [Planton, S. (coord.)].

² Présentation du bilan climatique de l'année 2024, Météo-France, 2024.

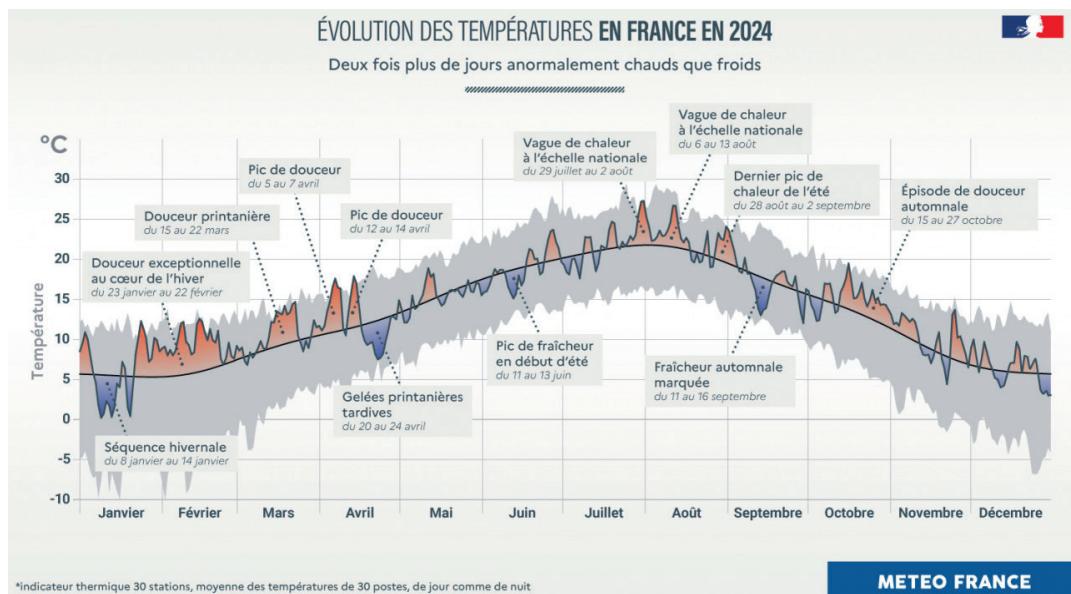


Figure 1 : Évolution des températures en France en 2024 (Source : Météo-France).

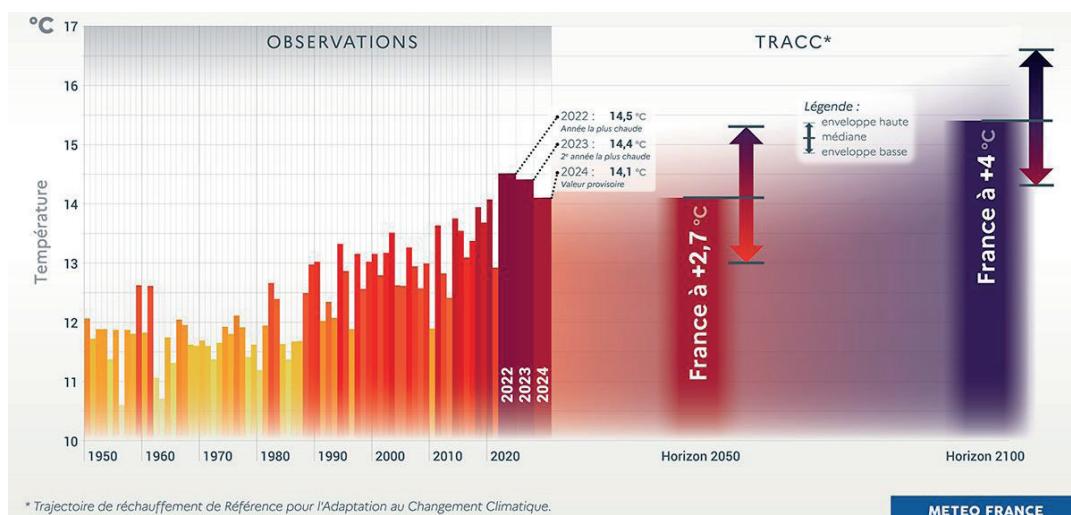


Figure 2 : Température moyenne annuelle en France hexagonale et Corse (Source : Météo-France).

quasi systématiquement dans une France à + 4°C à l'horizon 2100³.

Les enjeux et les impacts du changement climatique

Les exigences réglementaires

La démarche de prévention des risques professionnels relève d'obligations réglementaires. Elle s'appuie sur la mise en place d'une politique de prévention, guidée par des valeurs essentielles et des bonnes pratiques. Elle

repose sur le respect des personnes, la transparence dans la mise en œuvre et le dialogue social.

L'article L.4121-2 du code du travail précise les 9 principes généraux de prévention (voir Figure 4).

Plus précisément le décret n°2025-482 du 27 mai 2025, entré en vigueur le 1^{er} juillet 2025, relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à la chaleur a pour objectif de renforcer la prévention des risques liés aux épisodes de chaleur intense pour protéger la santé et la sécurité des travailleurs, notamment lorsque les seuils de vigilance météorologique de Météo-France sont atteints.

À la recherche des risques émergents : explorer le futur de la prévention

Prévention et sécurité au travail : « Ensemble, vers le «zéro accident»» !

³ Ces hypothèses de températures en France ont été retenues par le Gouvernement en 2023 et construites à partir de simulations de Météo-France. Elles tiennent compte de la situation prévalant alors et des engagements pris par l'ensemble des pays en termes de réduction des gaz à effet de serre, conduisant à un réchauffement mondial moyen de 3°C en 2100. Les températures au sol pour la France sont en moyenne plus élevées qu'en mer.

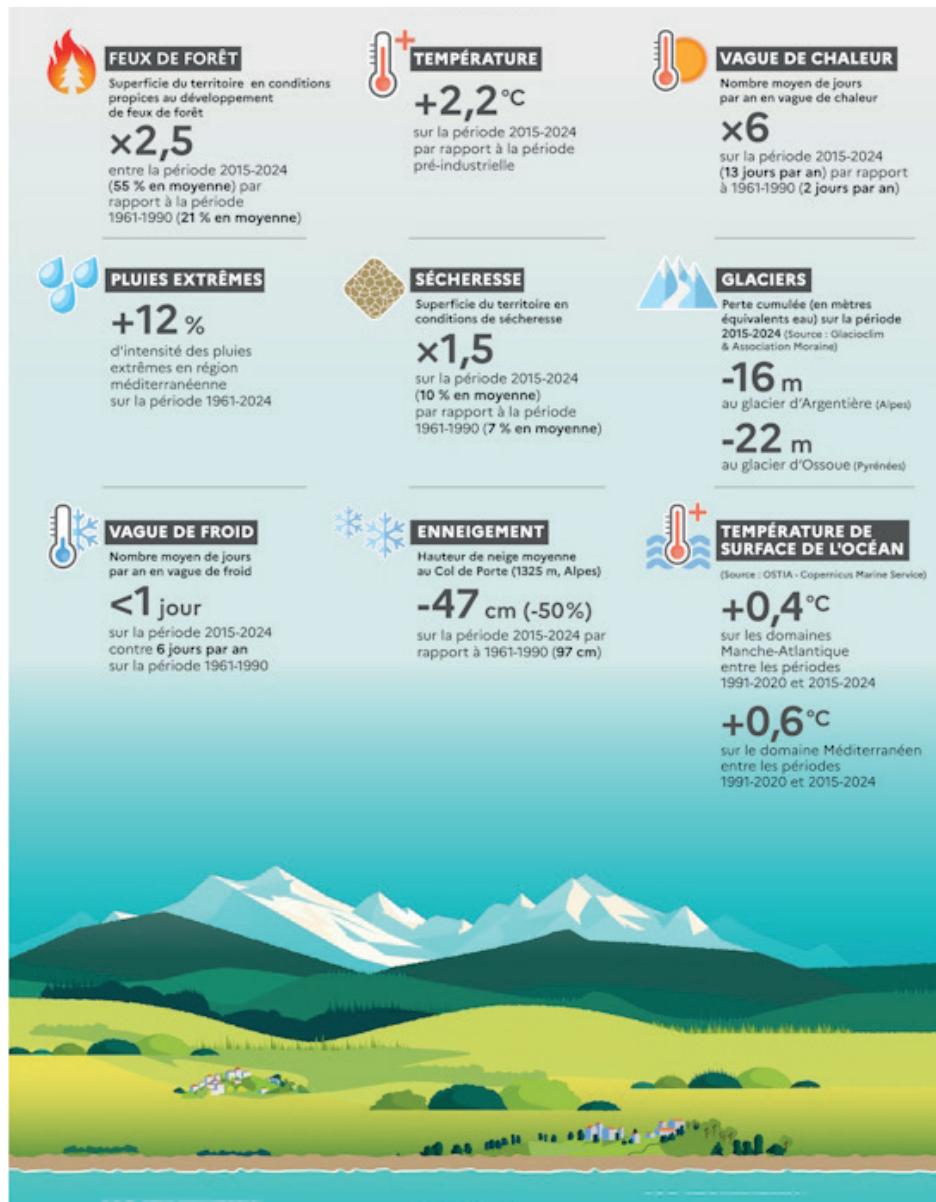


Figure 3 : Indicateurs du changement climatique en France hexagonale et en Corse en 2024 (Source : Météo-France).

Voici l'objectif fixé par Vinci rappelé dans son Manifeste, et qui comprend 8 engagements.

Dans un contexte de profondes transitions environnementales, les organisations sont confrontées à des bouleversements à la fois rapides et structurants. Ce constat, combiné à la nécessité constante d'anticiper les risques afin de garantir la sécurité des collaborateurs, impose d'identifier non seulement les risques émergents, mais aussi ceux appelés à s'intensifier dans les années à venir.

En complément des actions déjà engagées pour répondre à cet enjeu, une démarche prospective collaborative et transverse au sein du groupe a été lancée en 2021⁴. Cette initiative est portée par Léonard, la plate-forme de prospective et d'accélération de projets innovants du groupe Vinci.

⁴ « Risques émergents dans les métiers de la construction et de la gestion d'infrastructures », LÉONARD, 2023.

Les principaux objectifs de cette démarche prospective se déclinent ainsi :

- identifier et comprendre les tendances structurelles actuelles ;
- développer une cartographie des nouveaux risques qui affecteront les activités du groupe ;
- identifier les façons dont ces nouveaux risques changeront les activités ;
- qualifier les causes et les conséquences de ces risques les plus urgents et ayant le plus d'impact pour les employés.

La démarche prospective se concentre sur les nouveaux risques ayant une incidence sur l'intégrité physique et mentale dans les métiers de la construction et de l'exploitation des infrastructures.



Figure 4 : Les 9 principes généraux de prévention (Source : MESEA).

Manifeste VINCI – Valeurs fondamentales



Figure 5 : Extrait du Manifeste Vinci – Valeurs fondamentales (Source : Mesea).

Ces risques se classent en trois catégories :

- Les accidents corporels

Il n'existe aucune définition légale de l'accident corporel. Cependant, il est souvent défini comme une atteinte corporelle résultant d'une action violente et soudaine provenant d'une cause extérieure ou de l'assuré lui-même mais de manière involontaire.

- Les maladies professionnelles

Une maladie peut être considérée comme professionnelle lorsqu'elle est contractée du fait du travail (par exemple : cancer lié à la manipulation de matériaux comme l'amiante).

- Les troubles psychiques

Les troubles psychiques sont les affections qui vont altérer l'état de santé mentale d'une personne. La santé mentale est définie comme un état de bien-être dans lequel une personne peut se réaliser, surmonter les tensions normales de la vie, accomplir un travail productif et contribuer à la vie de sa communauté.

Les troubles psychiques apparaissent à une période particulière de la vie et peuvent s'installer dans la durée.

Leur principal effet est de modifier le rapport à la réalité de l'individu en entraînant des conséquences sur la vie sociale et professionnelle.

Le changement climatique entraîne des transformations profondes dans les marchés, l'organisation et les activités.

L'étude a identifié les risques émergents ou en accélération dans cinq domaines d'action ayant un impact sur nos collaborateurs au sein du groupe au cours des 5/10 prochaines années.

Les principaux enseignements tirés de la cartographie

Les risques pour la santé et la sécurité que le groupe Vinci a appris à maîtriser jusqu'ici étaient principalement liés à des accidents physiques, survenant dans des environnements de travail bien identifiés. Les risques de demain, en revanche, seront plus diffus, moins immédiatement visibles, et concerneront davantage la santé sur le long terme.

Les objectifs environnementaux vont accélérer l'adoption de nouvelles matières, procédés et énergies. Il est donc essentiel d'accompagner ces évolutions en anticipant les risques immédiats (comme le risque électrique) et différés (comme l'impact sanitaire de nouvelles substances).

Expérience et mise en pratique chez MESEA

Intégration dans la prévention

de l'impact du changement climatique

La raison d'être de la société MESEA, sa finalité, s'exprime comme suit : « Exploiter et maintenir une infrastructure ferroviaire publique, en toute sécurité, de manière performante et responsable, au bénéfice de ses clients et des territoires ».

À cette finalité sont liés les grands principes suivants :

- La sécurité prime sur tout. On entend par sécurité la santé et la sécurité au travail, ainsi que la sécurité

ferroviaire, qui regroupe la sécurité des circulations et la sécurité technique des installations, mais aussi la sûreté des installations et la cybersécurité.

- La performance naît de l'amélioration permanente et revêt une triple dimension : humaine, technique et économique.
- La responsabilité concerne les conséquences sociales, économiques et environnementales des activités de l'entreprise.

Ces principes s'expriment à travers la politique Santé, Qualité, Environnement (SQE) de la société (voir Figure 7 page suivante).

Pour assurer cette politique, l'entreprise a mis en place un système de management intégré partagé par tous, qui s'appuie sur les exigences des référentiels ISO 45001, 9001, 14001 et 50001, en cohérence avec les orientations stratégiques fondatrices de l'entreprise.

L'ISO 45001 s'attache à promouvoir la santé globale, voire la qualité de vie au travail. L'objectif est de supprimer les dangers et réduire les risques pour la santé et la sécurité au travail en prenant des mesures de prévention et de protection efficaces.

La sécurité est considérée au sens large du respect des obligations de prévention en matière de Santé et Sécurité au Travail (SST) du personnel de MESEA, des entreprises extérieures intervenant sur les installations de la Ligne et des tiers en interaction.

Concrètement, afin de prendre en compte l'impact du changement climatique sur la santé et la sécurité des personnels, les préventeurs ont rédigé une instruction intégrée dans le référentiel de management SST de la société : « se protéger des conditions climatiques ».

Ce document, en conformité avec les exigences réglementaires, définit les responsabilités, identifie les



Figure 6 : Les cinq domaines d'action (Source : Vinci).



Figure 7 : La politique SQE de MESEA (Source : MESEA).

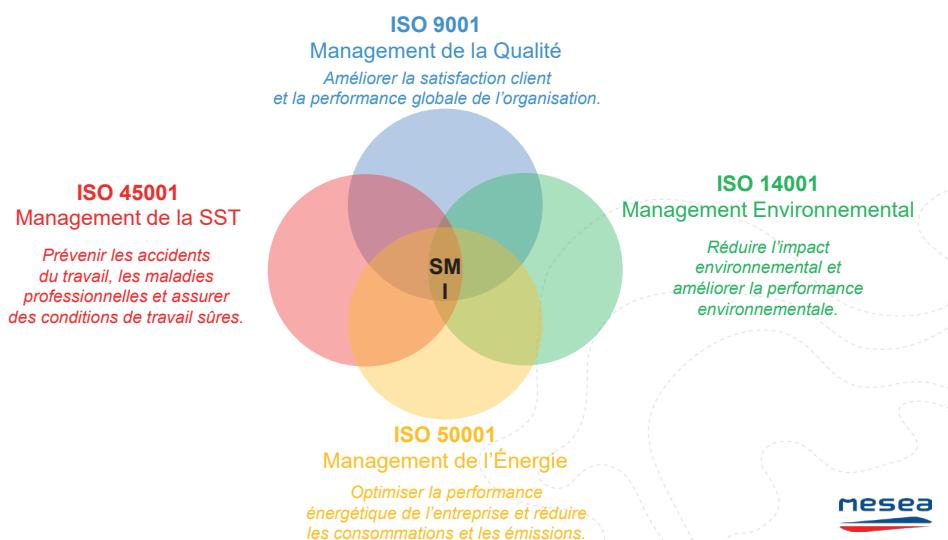


Figure 8 : Système de Management Intégré (SMI) chez MESEA (Source : MESEA).

Activité(s) concernée(s)	N° danger	Famille	Danger	Événement redouté / Conséquences	Gravité	Occurrence	Risque	Mesure(s) (Exigences du Registre des dangers)	Gravité R	Occurrence R	Risque Réduit
Générique - Travail en extérieur [Conditions climatiques extrêmes]	00052	Risques professionnels	Conditions météo extrêmes	Alerte météo : niveau jaune [Des phénomènes habituels dans la région mais occasionnellement et localement dangereux (ex. orage d'été, montée des eaux) sont prévus]	4	3	Haut	<ul style="list-style-type: none"> Être attentif. Se tenir informé régulièrement de l'évolution de la situation <i>àuprès de l'Hypervision</i>. Organisation : limiter les activités non urgentes en extérieur. Ne pas être en situation de travail isolé. Respecter les prescriptions de l'INS-MEQSE-03249 [Se protéger des conditions climatiques] 	4	1	Moyen

Figure 9 : Extrait du DUERP sur le danger « conditions climatiques extrêmes » (Source : MESEA).

risques et précise les conséquences liées aux dangers suivants :

- exposition aux rayonnements ultraviolets ;
- fortes chaleurs et épisodes de canicule ;
- orages ;
- froid ;
- neige, givre et verglas ;

- fortes averses et chutes de grêle ;
- vents forts.

Par exemple, pour les fortes chaleurs et les épisodes de canicule, l'analyse a établi les conséquences suivantes :

- fatigue, nausées, maux de tête, vertiges et crampes ;

- autres troubles graves, pouvant aller jusqu'au décès : déshydratation, coup de chaleur ;
- augmentation du risque d'accidents de travail (notamment en raison de la perte de concentration).

L'analyse a ensuite identifié les mesures principales de prévention à mettre en œuvre, telles que :

- adapter les horaires de travail ;
- réduire les durées d'exposition à la chaleur ;
- limiter l'effort physique intense et prévoir une phase d'acclimatation avant toute activité physique ;
- éviter le travail isolé et privilégier le travail en équipe ;
- augmenter la fréquence des pauses de récupération, en prévoyant des lieux de repos climatisés ;
- mettre à disposition de l'eau potable et fraîche en quantité suffisante et inciter les collaborateurs à s'hydrater ;
- fournir des Équipements de Protection Individuelle (EPI) adaptés (respirants et protégeant contre les rayonnements UV) ;
- intégrer le risque lié à la chaleur dans les plans de prévention et de coordination.

L'efficacité de la prévention dépend également de la diffusion des alertes météo aux équipes, le plus en amont possible.

Celles-ci sont transmises *via* l'Hypervision de MESEA, à l'ensemble des encadrants qui les diffusent aux collaborateurs concernés, puis sont évoquées lors des *briefings*. En fonction des situations, l'activité est adaptée, reportée ou annulée.

Les mesures de prévention sont inscrites dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP), qui est consulté lors du *briefing*.

En cas de danger lié aux intempéries, la mise en sécurité des personnes et des circulations ferroviaires reste la priorité.

La prévention à long terme

Comme évoqué précédemment, la prévention gagne en efficacité lorsque les dangers sont identifiés et évalués en amont.

Dans le cas des aléas météorologiques, seules des mesures d'adaptations réactives sont possibles pour limiter l'exposition des salariés aux risques.

En revanche, il est possible d'agir sur le climat en adoptant une politique environnementale ambitieuse, capable de contribuer à l'atténuation des causes profondes du changement climatique.

La politique environnementale de MESEA

La responsabilité environnementale de la société, en accord avec le manifeste Vinci, reprend à la fois le respect des exigences de la réglementation et la recherche permanente de la réduction de l'empreinte environnementale de l'entreprise.



Figure 10 : Feuille de route environnementale MESEA 2024-2030 (Source : MESEA).

MESEA se doit d'être exemplaire dans son métier d'exploitant-mainteneur, qu'il s'agisse de la circulation de ses propres engins, des méthodes de maintenance, des comportements de son personnel et de ses sous-traitants.

La politique environnementale et énergétique de MESEA, premier support de sensibilisation et d'adhésion de tout le personnel, est intégrée dans la politique SQE : MESEA s'engage à améliorer sa performance énergétique et à réduire son impact environnemental en préservant les milieux naturels, en diminuant son empreinte carbone, et en promouvant l'économie circulaire ainsi que les achats responsables et économies en énergie. Cet engagement s'inscrit dans le cadre des huit objectifs de développement durable définis par l'entreprise.

Conclusion

Le changement climatique est désormais une réalité tangible, qui modifie en profondeur notre environnement de travail. Face à cette évolution, les analyses de risques jouent un rôle essentiel : elles permettent d'identifier les dangers, de réduire les expositions, et de mettre en œuvre des solutions opérationnelles. L'objectif est de rendre les équipes exposées aussi autonomes que possible, grâce à des actions de sensibilisation et de formation ciblée.

Si la politique de santé et sécurité, obligatoire et indispensable pour protéger la santé des travailleurs, constitue un socle fondamental, elle ne suffit plus à elle seule. Elle doit impérativement être complétée par une politique environnementale ambitieuse, portée à l'échelle de l'entreprise, afin de limiter l'impact des activités sur le climat.

Cette démarche implique des investissements, à l'image d'une politique « zéro phyto » qui impose le recours à des alternatives pour le traitement de la végétation, dans le respect des obligations légales de

Manifeste VINCI – Valeurs fondamentales



Figure 11 : Extrait du Manifeste Vinci – Valeurs fondamentales (Source : Vinci).

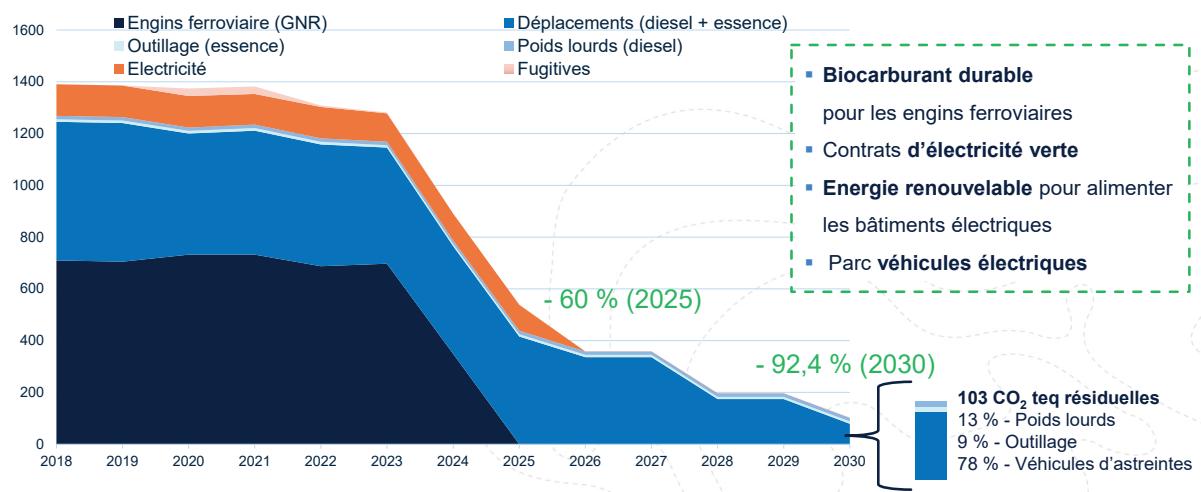


Figure 12 : Trajectoire carbone MESEA 2018-2030 – Scopes 1 et 2 (Source : MESEA).

débroussaillement et dans le but de prévenir les risques d'incendie. Ces nouvelles pratiques peuvent cependant générer de nouveaux risques pour la sécurité des salariés, notamment en raison de l'utilisation de machines potentiellement dangereuses, qu'il convient également d'évaluer et de maîtriser.

Il s'agit donc d'un investissement sur le long terme, qui doit être pensé de manière globale. L'adhésion des salariés aux politiques Santé, Qualité, Environnement (SQE), ainsi que leur acceptabilité, dépendent en grande partie de la cohérence et de la lisibilité de ces démarches, lesquelles doivent intégrer les attentes et les exigences de l'ensemble des parties prenantes, internes comme externes.

Faire face au changement climatique : quelle résilience ?

Par Nicolas BAUDUCEAU

Directeur du département Conseil, Prévention & Risques émergents de la Caisse Centrale de Réassurance (CCR)

Face à l'intensification des catastrophes naturelles, la résilience ne peut plus se limiter à la réparation. Elle doit devenir systémique : anticiper, prévenir, adapter. Cet article explore les tensions croissantes sur le régime « Cat Nat », les risques d'inassurabilité, les perspectives ouvertes par la politique publique de prévention et l'adaptation individuelle. Une dynamique de transformation est à l'œuvre sous l'influence croissante des entreprises financières.

Introduction

Sécheresses prolongées, inondations éclair, cyclones dévastateurs : les événements climatiques extrêmes s'invitent de manière croissante dans les médias, le débat public et plus généralement dans le quotidien des Français. En France, les années récentes ont été marquées par une succession de catastrophes naturelles dont la fréquence et la gravité ne relèvent plus de l'exceptionnel, mais d'une nouvelle norme climatique. Cette évolution exerce une pression croissante sur les territoires, les infrastructures, le système assurantiel et, plus largement, sur les capacités d'adaptation de notre société.

Face à cette réalité, la notion de résilience prend tout son sens. Au-delà de la seule capacité de rebond après un choc, celle-ci doit désormais s'enviser comme une transformation structurelle, intégrant l'anticipation, la prévention, l'adaptation et la solidarité. Cela implique un renforcement des politiques publiques d'adaptation, une consolidation dans la durée du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, une mobilisation des acteurs économiques et une responsabilisation des citoyens.

Comment structurer une résilience systémique face à des aléas de plus en plus fréquents et intenses ? Quels leviers activer pour éviter que certaines zones ou populations ne deviennent inassurables, voire inhabitables ? Cet article propose d'explorer ces enjeux à travers différents axes : l'évolution de la sinistralité, le rôle du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (régime « Cat Nat »), les tensions sur l'assurabilité, les défis de l'adaptation et enfin, l'exemple du ferroviaire comme révélateur des vulnérabilités systémiques.

Une sinistralité en forte croissance : des signaux d'alerte

Depuis sa création en 1982, le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles ou régime « Cat Nat » a

permis de couvrir plus de 12 millions de sinistres pour un montant cumulé de 61,2 milliards d'euros d'indemnisations versées (CCR, 2025). Depuis plus de quatre décennies, le régime « Cat Nat » permet à la quasi-totalité de la population française de pouvoir supporter économiquement les impacts des événements climatiques extrêmes. Mais derrière cette réussite historique se dessine une tendance préoccupante : la sinistralité climatique en France connaît une croissance continue, à la fois en fréquence et en intensité.

Le bilan 2024 publié par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) confirme cette dynamique. Avec 2 Mds€ de dommages assurés, le coût des catastrophes naturelles reste en 2024 très supérieur à la moyenne observée depuis 1982 (1,3 Md€), date à laquelle le régime « Cat Nat » s'est mis en place.

Marquée par l'événement majeur du cyclone Chido, qui a violemment frappé Mayotte en décembre, l'année 2024 a aussi été le théâtre de la montée en puissance d'événements « à bas bruit ». Entre septembre et novembre 2024, la France métropolitaine a ainsi connu douze épisodes d'inondations modérées à importantes.

Ces événements s'inscrivent dans l'évolution de la sinistralité des catastrophes naturelles en France observée au cours des 10 dernières années, montrant une tendance à la hausse. En moyenne, 2,4 milliards d'euros de dommages assurés ont été enregistrés chaque année. La fréquence des sinistres est aujourd'hui quatre fois supérieure à celle d'avant 2015, indiquant une augmentation notable des événements extrêmes. Dans ce panorama des événements climatiques destructeurs, le retrait-gonflement des argiles (RGA), constitue un défi majeur. Quatre des cinq événements les plus coûteux pour le régime « Cat Nat » sont dus à la sécheresse, dont quatre au cours des huit dernières années.

Par voie de conséquence, le régime « Cat Nat » lui-même montre des signes de tension. Sur les neuf dernières années, il a connu huit exercices déficitaires, en

raison d'un déséquilibre croissant entre les primes collectées et les indemnisations versées.

Cependant, les conséquences de cette sinistralité croissante dépassent le seul cadre assurantiel. Elles perturbent les réseaux, notamment de transport, fragilisent les chaînes logistiques et mettent sous tension les services publics locaux.

Le régime « Cat Nat » : un pilier de résilience à préserver

Créé par la loi du 13 juillet 1982, le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles – dit « Cat Nat » – constitue l'un des piliers de la résilience française face aux aléas climatiques. Il repose sur trois principes fondateurs : la solidarité nationale, la responsabilité partagée et l'équité territoriale. Ce dispositif unique en Europe permet d'indemniser les dommages matériels directs non assurables causés par des événements naturels d'intensité anormale, dès lors qu'un arrêté interministériel reconnaît l'état de catastrophe naturelle de la commune sinistrée.

Le régime « Cat Nat » s'appuie sur un partenariat public-privé. Les assureurs ont l'obligation d'inclure une extension de garantie « Cat Nat » dans les contrats d'assurance « dommages aux biens » et d'y adosser une « surprime » dont le taux est fixé par arrêté ministériel (20 % du contrat de base pour les habitations depuis le 1^{er} janvier 2025). Ils collectent les surprimes, gèrent les sinistres et peuvent être réassurés par CCR, qui bénéficie de la garantie illimitée de l'État.

À la différence de nombreux pays européens, la France a fait le choix d'un modèle de réassurance publique avec garantie illimitée de l'État, via la CCR. Ce modèle permet une mutualisation nationale forte, sans modulation des surprimes selon le niveau de risque local. À titre de comparaison, en Allemagne par exemple, il n'existe pas de mécanisme public : l'assurance contre les catastrophes naturelles est laissée au marché privé, avec des primes fortement modulées selon le risque, ce qui rend certaines zones inassurables. C'est la raison pour laquelle, l'Allemagne cherche aujourd'hui à mettre en place un système proche du régime « Cat Nat ».

Le système français a démontré son efficacité en permettant à 97 % des français d'être assurés contre les catastrophes naturelles à un coût abordable (de l'ordre de 40 € par an en 2025). En permettant la mutualisation du coût des catastrophes naturelles à l'échelle nationale et en assurant une protection des finances de l'État (la garantie de l'État n'a été activée qu'une seule fois au cours des 4 décennies qui précédent pour des montants relativement modérés).

Cependant, le régime « Cat Nat » est aujourd'hui confronté à une tension croissante en raison de l'augmentation du coût des indemnisations, elle-même liée à l'intensification des phénomènes extrêmes, à l'inflation des coûts de réparation et à un certain nombre de réformes ayant permis au régime de mieux couvrir les dommages (comme les frais de relogement ou

la réforme de la prise en charge de la sécheresse géotechnique).

L'érosion progressive des réserves de CCR, supérieure à 2,5 Mds€ au cours des dix dernières années, en est la manifestation concrète. Mais au-delà de cet aspect, la mise en tension du régime « Cat Nat » alimente un risque de démutualisation. Les assureurs, confrontés à une rentabilité dégradée, pourraient être tentés de se désengager de certains territoires ou de certains types de biens. Ce phénomène, déjà observé dans d'autres pays, pourrait conduire à l'apparition de zones « inassurables » où les habitants ne trouveraient plus d'offre d'assurance accessible ou abordable. Cette situation est d'une certaine manière, déjà perçue par la population. Une étude Elabe (ELABE, 2023) révèle que près d'un Français sur deux (48 %) pense qu'il ne pourra plus s'assurer demain contre les catastrophes naturelles.

Face à de tels enjeux, le Gouvernement a pris plusieurs décisions importantes. La première et la plus importante à court terme est la hausse du taux de surprime « Cat Nat », passé de 12 à 20 % pour les contrats d'assurance dommages habitation au 1^{er} janvier 2025. Cette évolution, salutaire à court terme pour l'équilibre du régime « Cat Nat », préserve le caractère abordable du coût de la garantie pour les assurés, mais ne peut constituer cependant qu'une première étape. À partir des projections climatiques à l'horizon 2050, les modélisations réalisées par CCR (CCR, 2023) montrent une croissance attendue du coût des catastrophes naturelles en France de + 40 % (liée à l'intensification des phénomènes climatiques), pouvant atteindre + 60 % (en tenant compte de l'accroissement des enjeux assurés). Une autre voie doit donc être empruntée si l'on veut espérer préserver à long terme l'équilibre du régime « Cat Nat ». Cette voie est celle de la prévention.

La prévention : levier central d'une résilience durable

La politique actuelle de prévention des risques naturels est le fruit d'une adaptation progressive des réponses apportées aux catastrophes que la France a connues au cours des décennies passées. La protection des territoires contre les aléas, l'intégration du risque dans l'aménagement et l'urbanisme, la prévision des aléas, la préparation à la crise, la sensibilisation du public, la réduction de la vulnérabilité des biens et des activités, le renforcement des normes constructives sont autant d'exemples du développement des politiques de prévention. Mises en œuvre sous la responsabilité des services de l'État, des collectivités territoriales et de la société civile, ces mesures relèvent de dispositifs législatifs ou réglementaires à caractère incitatif ou contraignant. L'impulsion de l'ensemble des démarches de prévention est pour partie facilitée depuis 1995 par l'existence du Fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), dit « Fonds Barnier ». Bien qu'il ne soit pas à l'origine de la totalité des actions de prévention des risques naturels entreprises en France, le FPRNM constitue un dispositif de soutien financier très structurant, que l'on peut qualifier de « colonne ver-

tébrale » des politiques publiques de prévention des risques naturels en France.

Alimenté à l'origine par un prélèvement sur le produit des primes ou cotisations additionnelles relatives à la garantie contre le risque de catastrophes naturelles, le FPRNM a créé dès son origine un lien particulier entre prévention et indemnisation, au sein duquel le système assurantiel finance la prévention qui, en retour, participe à la réduction de la sinistralité. Avec plus de 3 Mds€ cumulés investis depuis sa création, le FPRNM a permis le déploiement d'une politique dynamique principalement concentrée sur la prévention des inondations et des séismes aux Antilles. Plusieurs études conduites par CCR montrent une réelle efficacité et efficience de cette politique publique dans l'ensemble des champs de la prévention dite « collective » (c'est-à-dire portée par les pouvoirs publics : État et collectivités). Ainsi, en moyenne, 1 € investi sur des opérations financées par le FPRNM permet d'économiser 3 € de dommages assurés sur les 50 années qui suivent. Il est donc essentiel que l'enveloppe de ce fonds soit *minima* préservée des arbitrages budgétaires, voire qu'elle soit élargie dans les mêmes proportions que la dérive moyenne de la sinistralité observée ou modélisée. Là encore, les dernières décisions politiques en la matière ont été salutaires, l'enveloppe du FPRNM ayant été relevée de 225 à 300 M€ au titre du budget 2025. Une marge significative de progression de cette enveloppe existe toutefois au regard du prélèvement effectué sur le régime Cat Nat (450 M€ en 2025).

Aussi pertinent et efficace qu'il ait pu être dans le domaine de la prévention « collective », le FPRNM peine toutefois à produire des résultats tangibles en matière de prévention « individuelle », c'est-à-dire en matière d'adaptation des logements et des entreprises face aux catastrophes naturelles. La complexité des démarches, le manque de lisibilité des aides disponibles, le manque d'offre de solutions pertinentes sur le marché et les coûts d'adaptation restent des freins majeurs pour les aléas éligibles au FPRNM (inondation et séisme notamment). La situation est évidemment encore plus difficile pour les aléas non éligibles au FPRNM comme le retrait gonflement des argiles ou les vents cycloniques. L'instauration par la loi de finances 2025 d'une ligne budgétaire de 30 M€ spécifique à la prévention individuelle du RGA constitue à ce titre une avancée significative à condition toutefois qu'un dispositif de déploiement efficace puisse être mis en œuvre. En la matière il est indispensable que les dispositifs revêtent une dimension nationale, s'adossant à des cartographies complètes et suffisamment granulaires, annoncées par le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 3).

Dans ce domaine particulier de la prévention individuelle, l'écosystème assurantiel voit son investissement croître chaque année : conseil aux assurés, apports de recommandations personnalisées, alerte en cas d'imminence d'un phénomène climatique intense... Mus par la volonté de maîtriser leur charge de sinistres, par la réglementation européenne tendant à réduire leur propre exposition mais aussi d'offrir de nouveaux services à leurs assurés dans une logique d'offre concur-

rentielle, les compagnies d'assurance structurent leurs équipes, leurs compétences, concluent des accords de partenariats avec des entreprises spécialisées dans le domaine du diagnostic de vulnérabilité, de la fourniture d'équipements de prévention et développent de nouveaux savoir-faire. Il est encore trop tôt pour juger de l'impact que ces efforts auront sur l'adaptation individuelle des biens et des comportements des assurés. Le mouvement est toutefois bien enclenché et la dynamique est assurément à suivre. Celle-ci relève encore pour l'heure essentiellement du conseil, de l'accompagnement, de l'incitation. Il n'est pas exclu cependant que celle-ci se meuve progressivement en une dynamique de conditionnement de l'assurabilité. Une telle perspective est probable dans la décennie qui vient. De premiers signes sont là. Dès lors, la pression exercée par les assureurs, qui pourrait être suivie par celle des banques pourrait transformer en profondeur la dynamique d'adaptation.

Le ferroviaire, un révélateur des défis systémiques

L'ensemble des développements précédents constitue une forme de « pas de côté » vis-à-vis de la situation du secteur ferroviaire. Pourtant, celui-ci illustre de manière exemplaire les enjeux d'une résilience systémique.

Historiquement, les voies ferrées ont été implantées dans les vallées, suivant les cours d'eau et les lignes de moindre pente, pour des raisons techniques et économiques. Cette configuration les rend particulièrement vulnérables aux inondations, aux glissements de terrain et aux crues éclairés (Jaffreziec, 2023). De plus, les vallées peuvent amplifier localement les vents par effet Venturi, accélérant les rafales dans les couloirs étroits, ce qui augmente les risques de chutes d'arbres ou de déstabilisation des caténaires.

Le secteur ferroviaire est une activité stratégique essentielle au cœur de la mobilité des personnes, de la logistique des marchandises, de la continuité des services publics. Bien que généralement faiblement assuré et inéligible aux aides du FPRNM, il a, depuis plusieurs années pleinement, saisi la question de l'adaptation aux phénomènes climatiques extrêmes. Il déploie un panel de mesures en la matière (EPSF, 2023) : diagnostic d'exposition au climat actuel et futur, diagnostic des interdépendances avec les autres réseaux stratégiques (électricité notamment), plan d'investissement d'adaptation des infrastructures, prise en compte des risques dans les nouvelles implantations, plan de protection en cas d'inondation, plan de mobilisation rapide des équipes pour rétablir la circulation en toute sécurité après un événement, plans de continuité d'activité, suivi de l'incidentologie...

À cela s'ajoutent des mesures d'entretien courant, souvent peu visibles mais essentielles : élagage régulier des arbres à proximité des voies pour limiter les chutes sur les caténaires, débroussaillage des abords pour prévenir les incendies (hors périmètre « Cat Nat »), ou encore surveillance des zones de ruissellement.

Si les défis sont encore nombreux au regard des incertitudes liées aux impacts du changement climatique et des investissements de long terme à consentir, les acteurs du ferroviaire disposent probablement d'une longueur d'avance significative sur la plupart des autres activités exposées aux catastrophes naturelles. Le ferroviaire illustre la nécessité d'une approche systémique de la résilience. Il peut devenir un démonstrateur de la résilience à construire : territorialisée, intersectorielle, fondée sur la connaissance des risques, la solidarité et l'innovation.

Bibliographie

- CCR (2025), « Bilan annuel des catastrophes naturelles en France – 10^e édition ».
- CCR (2023), « Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à Horizon 2050 ».
- ELABE (2023), « Les Français, la montée des risques et l'assurabilité ».
- EPSF (2023), « Étude d'impact des risques liés au changement climatique sur l'exploitation ferroviaire - précurseurs, méthodes et premiers résultats ».
- GOUVERNEMENT (2025), « 3^e Plan national d'adaptation au changement climatique ».
- JAFFREZIC C. (2024), « La résilience du réseau ferré français face au changement climatique : l'évaluation des risques à travers la modélisation et les SIG ».

L'adaptation au changement climatique du patrimoine immobilier du groupe SNCF

Par Franck LIRZIN

Directeur de la stratégie et de la maîtrise d'ouvrage immobilière du groupe SNCF

Le changement climatique a un impact significatif sur le patrimoine immobilier du groupe SNCF (25 000 bâtiments de toute nature partout en France) : intensification des vagues de chaleur qui rend certains ateliers de maintenance étouffants, mouvements de sol qui fragilisent les structures des bâtiments, inondations éclair qui menacent les installations industrielles. Depuis 2022, le groupe SNCF a initié une démarche volontariste de connaissance et de maîtrise de ces nouveaux risques émergents. Sur la base du retour d'expérience des premiers projets d'adaptation, cet article formule 3 propositions pour réaliser avec efficacité des projets de résilience sur ses actifs immobiliers.

Longtemps, le changement climatique s'est inscrit dans une perspective lointaine et quelque peu hypothétique, formant une menace sourde, semblable à un orage qu'on entend gronder au loin. Mais depuis quelques années, l'hypothèse est devenue réalité et ses conséquences (inondations, canicules), parfois mortelles, souvent destructrices, rythment désormais notre actualité. Grâce à la science de l'attribution, nous savons désormais relier sans ambiguïté ces catastrophes naturelles au changement climatique et à l'action humaine. L'adaptation au changement climatique s'est ainsi imposée comme un enjeu critique de société, tant pour les collectivités que pour les entreprises ou les particuliers : comment renforcer, modifier, étoffer nos bâtiments, nos infrastructures, et nos usages pour les préserver ? En un mot : comment devenir résilient ?

De par leur morphologie, les villes sont particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique. Leur densité urbaine et l'absence de circulation d'air accentuent les canicules (effet d'îlot de chaleur urbaine) ; leur minéralité offre un boulevard aux ruissellements et aux inondations (effet de l'imperméabilité des sols) ; les extensions sur des sols argileux ou des zones inondables sont exposées aux sécheresses comme aux fortes pluies, ce qui fragilisent structures et fondations ; etc. Cette vulnérabilité se combine avec une sensibilité particulière puisque les villes abritent 80 % de la population en France et la plupart de l'activité économique.

Le groupe SNCF, avec un patrimoine de plus de 25 000 bâtiments, hors gares (8 millions de m²) et 100 000 logements répartis sur tout le territoire national et dans quasiment toutes les villes françaises, est en première ligne des effets du changement climatique.

De 2022 à 2023, nous avons réalisé une vaste étude pour analyser l'impact du climat sur l'ensemble des

actifs du groupe. Le principal risque climatique est l'aléa d'inondation pluviale. Le patrimoine est également exposé aux feux de végétation, aux fortes chaleurs et aux inondations fluviales. Certains sites industriels ont en effet été construits à proximité des fleuves, ce qui permettait à l'époque de garantir un sol plan nécessaire à la bonne circulation des trains mais qui aujourd'hui expose les mêmes sites au risque de submersion. L'étude montre que 40 % des sites ferroviaires ont une vulnérabilité à surveiller et qu'entre 6 et 10 % des sites ont une grande vulnérabilité. Beaucoup de ces sites se trouvent dans le pourtour méditerranéen, où se conjuguent fortes chaleurs, sécheresses et risques d'inondations.

Nous travaillons aujourd'hui à déployer des solutions d'adaptation sur les sites les plus vulnérables. Nous en tirons plusieurs idées.

Idée n°1 : le changement climatique est à gérer comme un risque

Le changement climatique contribue en général à aggraver des risques existants. Un site exposé à des risques d'inondation le sera davantage demain : le changement climatique va augmenter la fréquence et l'intensité du risque d'inondation. Ce résultat est très important car il permet de faire reposer l'analyse des sites sur la connaissance de l'existant. Ainsi, les plans de gestion des risques d'inondation (PPRI) donnent une première indication des risques auxquels peut être exposé un site. Il est ainsi possible de travailler avec les acteurs de terrain qui, souvent, connaissent déjà le risque et ont déjà mis en place de façon pragmatique des actions d'adaptation.

Même si le changement climatique est un risque global, ses effets sont très locaux, voire très locaux. Il est courant qu'un site soit soumis à un risque particulier (par exemple, les fortes chaleurs) tandis que le site voisin, distant de quelques centaines de mètres à peine, sera exposé à un autre risque, par exemple le retrait-gonflement d'argile. Deux bâtiments peuvent être soumis au même risque, mais l'un peut y être plus sensible car il aura de mauvaises caractéristiques (foundations fragiles, mauvaise isolation, équipements techniques exposés...). Il est donc possible, sur un même site, d'avoir un bâtiment fissuré par le phénomène de retrait-gonflement des argiles, tandis que celui qui le jouxte est intact.

Une analyse très fine et au plus près de la réalité opérationnelle est donc indispensable pour bien caractériser le risque.

Idée n°2 :

les conséquences du changement climatiques ne sont pas linéaires et il faut apprendre à se préparer au pire

Le passé n'éclaire pas totalement l'avenir. Il ne suffit pas de se reposer sur les plans actuels de gestion des risques. Le changement climatique n'est, malheureusement, ni linéaire ni statistique.

Les modèles statistiques extrapolent les scénarios futurs à partir des données passées : ils peuvent accentuer une tendance, mais ils ne savent pas anticiper les événements extrêmes. Or, ce sont ces événements extrêmes qui sont les plus critiques et qui devraient constituer l'étalon de l'adaptation. Comme, malgré tous les efforts entrepris pour limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre, il est de plus en plus probable que nous prenions le chemin d'une augmentation des températures de + 3 voire + 4°C à l'horizon de la fin du siècle, les phénomènes extrêmes vont devenir de plus en plus fréquents.

Dès lors, comment s'adapter au scénario du pire ? Une première réponse (la plus commune) consiste à faire des choix incrémentaux : on s'adapte aux extrêmes vécus les plus récents par petites touches, en ajoutant ici une ombrrière, en plantant un arbre là. Si ces réponses apportent une solution concrète rapide, elles deviendront vite obsolètes, car le changement n'est pas linéaire.

Quelques exemples de non-linéarité. La violence des tempêtes augmente progressivement, mais le point de rupture des arbres, lui, ne varie pas rapidement. Une fois ce palier franchi, les arbres tombent. La répétition de sécheresses contribue également à abaisser ce seuil. Il y a donc un moment où un cap est franchi sans retour arrière possible. Autre exemple, en situation d'humidité moyenne, un homme exposé à 35°C a chaud ; à 40°C, il se sent mal ; à 45°C, il meurt en quelques minutes. Aussi, un changement linéaire a des

conséquences non-linéaires. L'adaptation incrémentale n'est pas une solution de long terme : ce sont des adaptations beaucoup plus radicales et lourdes qu'il faut envisager, dans un contexte où la seule certitude est qu'il y aura beaucoup d'incertitudes.

La question peut se poser par exemple pour un site industriel en zone inondable. Lorsque le risque de crue est décennal, une simple gestion par un plan de continuité de l'activité peut suffire. Lorsque le risque devient annuel et d'une ampleur significative, se pose alors la question du maintien ou non de l'activité sur ce site, et ainsi de revoir toute l'organisation industrielle. S'adapter à des risques accrus coûte nécessairement de plus en plus cher, et il arrive un moment où le coût de l'adaptation excède ses bénéfices, et où s'adapter n'est plus une solution. Cette grande latitude explique la difficulté à chiffrer précisément le coût de l'adaptation.

La notion de catastrophisme éclairé, imaginée par l'ingénieur des mines et philosophe Jean-Pierre Dupuy, aide à s'orienter dans ce brouillard. Il propose de tenir le pire pour certain, quel qu'en soit l'horizon même s'il nous semble très lointain, pour s'y préparer dès maintenant en acceptant de prendre des décisions parfois difficiles, mais qui le seraient infinité plus si elles doivent être prises dans l'urgence et la débâcle.

Idée n°3 :

l'adaptation climatique nécessite une approche intégrée

La transition énergétique nous a appris à nous focaliser sur les éléments d'un système les plus émetteurs de gaz à effet de serre : les centrales à charbon, les chaudières à fioul, les processus industriels. Il suffit de remplacer un élément polluant par un autre plus vertueux et, le plus souvent, également plus économique et efficace. La transition énergétique, même si elle peut paraître lente, est un objectif gagnant à long terme et c'est pourquoi la plupart des entreprises s'y sont engagées depuis longtemps.

L'adaptation ne suit pas le même schéma. D'une part, l'adaptation n'a pas de bon retour sur investissement, elle ne réduit généralement ni les coûts actuels ni les consommations. Elle peut même les augmenter lorsqu'il s'agit de remplacer des infrastructures par d'autres plus résistantes¹. Il n'y a donc pas (ou pas encore) de modèle économique de l'adaptation au changement climatique (ACC). On parle donc de coût évité, c'est-à-dire tous les coûts (interruption de l'exploitation, destruction des équipements...) qu'engendreraient des aléas climatiques et que l'adaptation aura permis d'éviter. L'ACC se rapproche donc plutôt d'une forme d'auto-assurance. Faire de l'adaptation un facteur de compétitivité reste à inventer.

¹ Il y a cependant des cas où atténuation et adaptation vont de pair, voir le numéro d'avril 2025 de *Responsabilité & Environnement – Annales des Mines*, « L'adaptation de l'industrie au changement climatique », <https://annales-des-mines.org/wp-content/uploads/2025/03/RE-2025-04-Numero-complet-pour-internetcouv.pdf>

L'ACC touche tout un système, et même au-delà, avec des conséquences en cascade.

Par exemple, les îlots de chaleur urbaine aggravent les effets d'un pic de chaleur. Il est toujours possible d'équiper un bâtiment de climatiseurs indépendamment de son environnement, mais il est préférable d'agir à l'échelle du site par la désimperméabilisation, la plantation d'arbres, la destruction des obstacles à la circulation des vents, etc.

Autre exemple : un site en zone inondable peut s'équiper de pompes puissantes, construire des digues ou bien cuveler ses équipements, mais il est plus efficace de travailler à l'échelle du bassin versant pour traiter très en amont les risques d'inondation par la création de zones de débordement ou de rétention d'eau, par la désimperméabilisation des sols, etc.

Dernier exemple : un site peut se croire invulnérable, mais peut-être découvrira-t-il que son électricité est produite par une centrale qui, elle, dépend du niveau d'étiage d'un fleuve et qui, en cas de très forte sécheresse, arrêtera sa production.

Ainsi, l'adaptation au changement climatique nécessite une approche à la fois très locale car les risques et les vulnérabilités se mesurent au plus près du terrain, et systémique car le site dépend de son environnement pour fonctionner correctement. Ce double regard, croissant terrain et système, distingue nettement l'ACC de la transition énergétique.

L'adaptation va toucher quasiment tous les éléments d'un bâtiment : ses réseaux (eau en particulier), ses équipements (climatisation, GTB...), sa structure et ses ouvrants (isolation, revêtement), ses alentours, etc. Elle vient donc naturellement s'intégrer dans d'autres enjeux comme ceux de la décarbonation, de la mise aux normes ou de la rationalisation des surfaces. L'ACC est un risque transversal qui doit être intégré dans chaque aspect d'un projet.

En pratique

Forts de cette approche, nous commençons à intégrer l'adaptation climatique dans tous nos projets significatifs. Il est important d'intégrer l'ACC dès l'émergence d'un projet et ses premières phases de conception. Le point de départ est un diagnostic (étude de vulnérabilité climatique) qui identifie la sensibilité, l'exposition et la vulnérabilité du bâtiment ou du site aux principaux risques climatiques.

La France a la chance de disposer d'impressionnantes et excellentes bases de données, la plupart publiques, qui permettent de réaliser rapidement et avec beaucoup de précision un diagnostic. Cette analyse par la *data* doit néanmoins être complétée par un audit de terrain. Les risques n'étant jamais nouveaux, il existe souvent une documentation existante (par exemple, les plans de continuité d'activité pour les sites industriels) et les retours d'expérience des habitants ou usagers sont aussi précieux. Cette double approche *data* / terrain permet d'avoir une vision complète des enjeux à l'échelle du site, mais aussi du territoire ou du quartier.

Vient ensuite la conception. Globalement, les solutions d'adaptation sont connues. La raison en est simple : une région se prépare au climat qu'une autre région, plus au sud, connaît déjà. Il suffit donc de se tourner vers les régions vivant dans un climat déjà chaud pour identifier des solutions éprouvées. Les solutions d'adaptation peuvent être *low-tech*, comme par exemple le recouvrement des toitures par de la peinture blanche ou encore la plantation d'arbres (ce qui n'exclut pas des innovations en la matière), *high-tech* (gestion technique du bâtiment, BIM exploitation...). L'adaptation n'est donc pas tant un problème technologique, qu'un enjeu d'intégration et de cohérence, pour trouver « la » bonne solution : efficace à court comme à long terme, compatible avec les autres solutions mises en place sur le territoire et qui soit acceptée par les habitants ou les usagers. Par exemple, la plantation d'arbres en ville est une bonne solution pour lutter contre les îlots de chaleur urbaine, mais elle peut supposer de remplacer des parkings auto par des arbres, et donc de réduire la place du stationnement en ville. La question de l'acceptabilité sociale devient alors centrale.

L'adaptation devient rapidement un enjeu collectif, qu'il s'agisse d'une copropriété, d'un collectif de travail, d'un quartier ou d'une région. La gouvernance de l'adaptation est donc critique pour la réussite du projet. Comme certaines solutions peuvent être radicales, pouvant aller jusqu'au renoncement à utiliser un site ou bien la démolition d'un bâtiment, travailler très en amont l'acceptation est important. Ce qui n'est pas simple, car le risque, aussi repoussoir soit-il, reste hypothétique, et l'argument « on verra bien » s'impose naturellement. N'est-il pas plus simple d'attendre la catastrophe pour, ensuite, prendre les mesures qui auraient permis de l'éviter ? C'est souvent ainsi que les adaptations se sont produites dans l'histoire malheureusement, et même lorsque des catastrophes climatiques ont eu lieu, beaucoup de sociétés ont estimé que le risque était trop peu fréquent pour justifier une réelle adaptation. Cette difficulté à se projeter dans un avenir incertain et dangereux explique pour beaucoup l'approche minimaliste choisie par certaines entreprises ou collectivités.

Pour conclure

La science du climat nous donne les clés pour comprendre les risques auxquels le dérèglement climatique nous expose. Comme nous disposons des outils, du savoir et des solutions nécessaires pour nous protéger, il pourrait être simple d'agir. Mais l'enjeu est ailleurs, dans la création d'une dynamique collective, pour que l'adaptation ne soit pas un simple ajustement technique mais une démarche concertée et réfléchie dans le long terme. Certaines sociétés, par le passé, ont réussi cette prise de conscience et ont fait de la résilience une véritable raison d'être. À long terme, je suis convaincu que devenir résilient constituera pour les entreprises et les collectivités un enjeu critique de compétitivité.

L'adaptation au changement climatique

Quelques références

- DUPUY J.-P. (2002), *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*, Paris, Seuil.
- GOODEL J. (2018), *The water will come: Rising seas, sinking cities, and the remaking of the civilized world*, Back Bay Books.
- HENNION C., HOMOBONO N. & LEDENVIC P. (2025), « Agressions naturelles et installations industrielles, notamment SEVESO », rapport du Conseil général de l'Économie et de l'Inspection générale de l'Environnement et du Développement durable.
- LIRZIN F. (2022), *Paris face au changement climatique*, Éditions de l'aube, 2022 et réédition 2024.
- RAHM P. (2023), *Histoire naturelle de l'architecture : comment le climat, les épidémies et l'énergie ont façonné la ville et les bâtiments*, Points.
- VAN GAMEREN V., WEIKMANS R. & ZACCAI E. (2014), *L'adaptation au changement climatique*, Éditions de la Découverte.

Pourquoi les rails ne se déforment-ils pas quand il fait trop chaud ?

Par Benoit CHEVALIER

Directeur du programme Adaptation au Changement climatique de SNCF Réseau

Et Michel TRIQUET

Responsable du département Voies et Abords de SNCF Réseau

L'acier a tendance à se dilater sous l'effet de la chaleur, et les rails des trains ne font pas exception. Pour éviter que la voie ne se déforme, SNCF Réseau a le choix entre deux approches totalement opposées : soit permettre la dilatation du rail et son coulissement par un système d'éclisses, soit l'empêcher en utilisant un long rail soudé capable de résister à des pressions de plusieurs dizaines de tonnes.

À part pour quelques métros sur pneus et les rares trains à lévitation magnétique, l'essentiel du système ferroviaire repose sur le contact roue-rail, autrement dit, acier contre acier. Cette invention du XIX^e siècle n'a pas fini de nous apporter ses bénéfices, puisqu'en particulier c'est grâce à elle que le train consomme peu d'énergie – qui en plus est dans la majorité des cas, en France, une énergie décarbonée. Mais ce principe physique entraîne cependant certaines contraintes, telles que l'allongement des distances d'arrêt (un TGV en freinage d'urgence met plusieurs kilomètres pour s'immobiliser) et une grande sensibilité aux variations de température.

L'acier, rappelons-le, se dilate avec la chaleur. Et il se dilate plus que le sol sur lequel il est posé. L'acier des rails utilisé par la SNCF a un coefficient de dilatation de $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ce qui signifie qu'un mètre de rail s'allonge de 0,0115 mm par degré supplémentaire. C'est équivalent au béton, mais deux fois plus que le granit et dix fois plus que le sable, à température comparable.

En plus de cela, l'acier est un métal et chauffe vite au soleil : ainsi, à une température ambiante de 35°C, la température du rail peut vite monter à 45°C, voire au-delà – on a même enregistré des cas extrêmes à 63°C en France, notamment en 2019. En comparaison, le sol, en première approximation, ne se dilate pas.

Or, un objet cherchant à se dilater mais ne pouvant le faire est soumis à une très forte compression dans le sens de sa longueur et peut flamber, c'est-à-dire se déformer brusquement. Pour un rail, ce phénomène – qui par expérience intervient souvent juste après le passage d'un train – peut entraîner des conséquences majeures : la formation, localement, d'un rayon de courbure très fort, impropre à la circulation ferroviaire. De plus, ce défaut reste difficilement détectable par son

caractère soudain, à moins d'avoir un agent ou une caméra sur place.

Dans l'analyse des risques, on évalue la criticité d'une situation par la formule : Criticité = Probabilité d'occurrence de l'événement origine x Probabilité de ne pas le détecter avant l'arrivée des conséquences x Gravité des conséquences.

Si les conséquences sont graves et que la détection est difficile, alors la seule solution est de réduire la probabilité d'occurrence autant que possible.

La question de maîtriser la dilatation des rails s'est donc posée très tôt dans l'histoire ferroviaire. Et on peut le faire de deux façons, fondamentalement opposées : soit on accepte la dilatation du rail, soit on l'empêche.

On laisse le rail se dilater

Le principe d'origine, posé à la création du système ferroviaire, est de prévoir dans les rails des joints de dilatation. C'est la pose dite « en barres normales », encore en usage sur environ 15 % du réseau structurant en France et sur de nombreuses voies de service. Des rails, généralement de 18 mètres, sont reliés bout-à-bout (on parle, en langage ferroviaire, d'abouts) par des éclisses boulonnées à 4 ou 6 trous. Un espace (qui fait typiquement un centimètre, à température ambiante normale) est laissé entre les deux rails pour leur permettre de se dilater. C'est le passage des roues sur cette lacune qui est responsable du célèbre « tac-tac » des chemins de fers à l'ancienne. Les éclisses sont graissées et les boulons passent dans des trous élargis pour permettre un coulissement effectif de l'assemblage.



Figure 1 : Un joint éclissé (Source : Jean-Gabriel Ampeau, SNCF Réseau).

Mais, même si ce système fonctionne, il présente plusieurs limitations :

- Les jeux entre rails doivent être régulièrement réajustés, car ils se resserrent naturellement à certains endroits (en fonction de là où les trains freinent, par exemple). Cette opération qui consiste à remettre en état nominal les joints éclissés s'appelle le « tirage de fer ».
- En cas de fortes chaleurs, lorsque deux rails se touchent (on parle de « joint brûlé ») l'ensemble ne joue plus son rôle et le risque de déformation revient, de même si l'ensemble rails-éclisses-boulons est grippé. Inversement en hiver, la contraction du rail avec les boulons d'éclisse en butée dans leurs trous peut provoquer une rupture de rail.
- Même avec une maintenance de qualité, une lacune subsiste tous les 18 m à chaque joint, au niveau du champignon du rail, d'autant plus grande qu'il fait froid. Elle amplifie le bruit de roulement et use les roues des trains, tandis que leur passage arrondit quant à lui l'extrémité du champignon du rail : on parle de « matage des abouts », phénomène augmentant les chocs dynamiques à chaque joint et générant une fatigue du système, en particulier par de la « danse » (c'est-à-dire du jeu) sous les traverses resserrées au droit du joint.

Pour toutes ces raisons, les barres normales ne permettent pas une circulation à grande vitesse, comme celle du TGV, et sont déconseillées dans les zones à fort trafic.

Alternative : on empêche le rail de se dilater

Alors, si les barres normales ne répondent pas toujours à la question et demandent des efforts de maintenance

importants en contradiction avec un bon usage des ressources disponibles, que faire ? Empêcher le rail de se dilater !

C'est le principe du « long rail soudé » (LRS). Les rails, généralement livrés en barres de 108 mètres, sont soudés sur place pour former des tronçons continus de plusieurs dizaines de kilomètres. Plus facile à maintenir, cette configuration déployée à partir des années 1950 équipe aujourd'hui 85 % du réseau structurant. Ce choix n'était pas initialement motivé par le changement climatique, et c'est donc un effet d'aubaine d'avoir déployé cette technologie qui est plus résiliente que la barre normale en cas de canicule (du moins à effort de maintenance donné).

Pour illustrer : la force exercée par un rail contraint est $F = E \times S \times \alpha \times \Delta T$ avec :

- E : module de Young qui traduit l'élasticité de l'acier (environ $2,1 \times 10^5$ MPa = $2,1 \times 10^8$ kN/m²) ;
- S : section du rail (de l'ordre de 77 cm²) ;
- α : coefficient de dilatation déjà cité plus haut (0,0115 mm par mètre par degré) ;
- ΔT : différence entre la température du rail et la température de référence qui annule les contraintes, considérée en France à 25°C (les pays chauds prennent généralement un peu plus mais, de ce fait, s'exposent à avoir plus de rails cassés en cas de coup de froid).

Application numérique : avec 35°C dans l'air, si le rail atteint 45°C, alors : $\Delta T = 45 - 25 = 20$ K et $F = 2,1 \times 10^8 \times 0,0077 \times 0,0000115 \times 20 = 372$ kN.

Le système ferroviaire est conçu pour résister à cette force de 38 tonnes, et même près du double lors des records de températures. Cette robustesse repose sur plusieurs éléments essentiels : d'abord le ballast, composé de pierres concassées et anguleuses nor-



Figure 2 : La beauté du long rail soudé (Source : RFF, McCann, Franck Dunouau).

malisées, et ensuite le système de traverses (tous les 60 centimètres) et d'attachments élastiques qui maintiennent le rail et les aiguillages en position. Cette chaîne de résistances latérale et longitudinale fonctionne, en tout cas, jusqu'à des points clés où le LRS est interrompu par un « appareil de dilatation », par exemple avant un ouvrage d'art complexe, qui a sa propre dynamique de dilatation.

Tout le système est basé sur cette température de référence de 25°C, celle qui annule les contraintes. Les mainteneurs sur le terrain, lors de leurs remplacements de rail, doivent régler au plus juste la quantité de métal enlevée ou rajoutée pour maintenir le rail dans un état équivalent à la température de référence. On pourrait imaginer opérer au remplacement du rail à la température exacte de 25°C, mais cela n'aurait pas de réelle pertinence en termes d'organisation : les travaux ont souvent lieu de nuit, à des températures bien inférieures, pour permettre l'exploitation de la ligne aux heures pleines. Dans ce cas, deux solutions sont possibles : chauffer le rail pour le mettre à la bonne température, ou plus couramment, utiliser des tendeurs hydrauliques. Il s'agit de vérins qui tirent mécaniquement sur le rail afin de lui imposer une longueur équivalente à celle qu'il aurait à 25°C, selon des abaques et formules bien établis.

Mais alors, comment gérer les incertitudes ? Par exemple :

- une différence dans la quantité de métal (une nuit trop froide et des vérins pas assez puissants peuvent rendre impossible la mise à la bonne longueur de la barre au moment de faire la soudure !) ;
- la gestion des cumuls de tolérance, qui peuvent conduire à dépasser les seuils acceptables ; c'est le cas notamment si on remplace plus de quatre coupons de rails dans une zone de 100 mètres, ou tout simplement après des travaux importants.

Dans ce cas, la précision du suivi de la quantité de métal étant jugée insuffisante, la section de rail ou l'aiguillage concerné va être classé « zone sensible », c'est-à-dire sensible à la chaleur. Notons qu'une zone peut aussi être classée sensible pour une autre raison, par exemple en cas de manque de ballast, puisqu'on a

FICHE D'INCORPORATION E-4A.1

PHASE 1 LRS Coté : PARIS (Gare de Lyon) à l'aide des tendeurs hydrauliques

Côté pointe Côté talon voie directe Côté talon voie déviée

5 - Schéma d'incorporation de l'appareil :

Appareil n° 520A Position de la future coupe

Z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 E

PK point 0 13140... PK de la coupe 191516...

L : longueur de LRS à libérer L = 105...m (600m maxi)

ℓ : longueur de voie et d'appareil de voie restant serrée $\ell = 47...m$

ℓ_n : longueur entre les repères n et n-1 $\ell_n = 50m$

ℓ : longueur de voie et d'appareil de voie restant serrée $\ell = 47...m$

ℓ_n : longueur entre les repères n et n-1 peut être inférieure à 50m dans le cas où la longueur de la libération n'est pas un multiple de 50m

6 - Température du rail aussitôt après la mise à contrainte nulle :

Température du rail au moment de la coupe : $T_1 = 18$ °C

Température du rail au début du tracage des repères sur le rail : $T_2 = 18$ °C

Température du rail à la fin du tracage des repères sur le rail : $T_3 = T_0 = 18$ °C

$T_3 \geq 10^\circ\text{C}$ OUI NON

Si "NON", réaliser une incorporation provisoire avec t_0 forfaitaire = 10°C

Variation de températures entre le début et la fin du tracage : $T_3 - T_2 \leq 2^\circ\text{C}$ OUI NON

Si "NON", attendre que la température soit constante et "retracer" les repères sur le rail

7 - Calcul de la différence Δt :

Température de libération recherchée (en principe " $t_0 = 25^\circ\text{C}$ ") : $t_0 = 25$ °C

Calcul de $\Delta t = t_0 - t_0 = 7$ °C

8 - Longueur de la zone d'ancre :

"z" = 27 m Uniquement lorsque le tronçon de voie à libérer comporte une extrémité de LRS

"z" = 27 m (donnée par le tableau 4A)

9 - Lacune "a" à créer : avec $a = 0,0115 \times L \times (t_0 - t_0) + 0,0115 \times (\ell/2) \times (t_0 - t_0) + (s-1) + b/2$

0,0115 $\times L \times (t_0 - t_0)$	(donné par le tableau 4B)	8,45 mm
0,0115 $\times (\ell/2) \times (t_0 - t_0)$	(donné par le tableau 4C)	1,63 mm
$b/2$	si $t_0 < 10^\circ\text{C}$ prendre $t_0 = 10^\circ\text{C}$	1 mm
$(s-1)$	(donné par le tableau 4D)	2,4 mm
	"s" étant l'ouverture à réservé pour la soudure donnée par le fournisseur	35,34 mm
	VALEUR DE LA LACUNE "a"	a = 35,34 mm
	Valeur de F = $s + 0,0115 \times L \times (t_0 - t_0)$	F = 27 mm

Figure 3 : Extrait d'une fiche d'incorporation : le calcul de la quantité de métal (Source : Jérémie Schil, SNCF Réseau).

vu que c'est lui qui est à la base de la résistance de tout le système.

SNCF Réseau a réorganisé, après la canicule de 2003, le suivi des zones sensibles et leur suppression lors de la « préparation de la saison chaude » qui occupe largement les équipes de maintenance à chaque printemps, l'objectif chaque année étant de supprimer toutes les zones sensibles du Réseau Ferré National avant l'été.

Le manque de ballast est compensé par des apports externes ou du réemploi (dans certaines conditions) : le ballast est déversé par des ballastières, puis les profils normalisés sont reconstitués ensuite par une régaleuse, pour correspondre au besoin en fonction des conditions de tracé : ainsi, la quantité de ballast est supérieure dans les courbes par rapport aux alignements, pour pouvoir s'opposer aux efforts latéraux supplémentaires induits par la force centrifuge et les effets de poussée au vide sur le rail en cas de variation de température. Ces opérations peuvent aussi être réalisées manuellement par des agents, à l'aide de fourches à ballast, mais cette activité très physique est limitée à de petits linéaires à traiter.

En revanche, si la zone est classée sensible à cause d'un problème de quantité de métal dans un rail ou un appareil de voie, il faut ramener les contraintes à l'état nominal, par une opération de « libération » (pour un rail). Elle consiste à tronçonner le rail¹, à le détacher

¹ Cette opération, qui projette des gerbes d'étincelles, est représentée dans le film *Subway* de Luc Besson, mais en l'occurrence il s'agit d'un remplacement de rail, pas d'une libération.

sur une distance qui peut atteindre plusieurs centaines de mètres, puis à tirer dessus (avec les mêmes vérins hydrauliques) pour le remettre à la bonne longueur avant de le souder. Pour les appareils de voie, l'opération est nommée « incorporation » ; elle répond globalement aux mêmes principes, tout en étant techniquement plus complexe, puisque l'incorporation peut concerner soit la voie directe, soit la voie directe et la voie déviée.

Pour toutes les zones sensibles encore présentes au moment de la « Saison Chaude » (entre mi-mai et mi-septembre de chaque année), SNCF Réseau applique une autre série de procédures avec des limitations de vitesse et une surveillance permanente dès que le rail dépasse 45°C. Cette surveillance est opérée par un agent équipé d'une torche à flamme rouge qu'il pourra allumer pour arrêter les trains en urgence en cas de déformation de la voie (tout en appelant le poste d'aiguillage qui, lui, peut arrêter, réguler ou détourner le trafic). Cette présence humaine reste à ce jour l'ultime rempart contre une déformation imprévue bien que des alternatives technologiques soient en cours de développement, comme des caméras actuellement développées par SFERIS, une filiale de SNCF Réseau experte en maintenance.

Et pour les caténaires ?

Si les rails se dilatent, qu'en est-il des caténaires ? Elles aussi bien entendu ! Pour éviter qu'elles ne gondolent et risquent d'être arrachées au passage du train par enfouissement du pantographe par-dessus un fil de contact distendu, les caténaires sont tendues (à 2 tonnes) par un système de poulies et de contrepoids en béton, qui sont eux-mêmes réglés avant la période d'été (car si le contrepoids touche le sol, il cesse de jouer pleinement son rôle). Si malgré cette préparation, certaines caténaires sont détendues, on impose alors des limitations de vitesse pour réduire le risque d'arrachage. La grande différence avec les rails, c'est que la rupture d'une caténaire, bien que très pénalisante pour l'exploitation, ne constitue pas un danger direct pour la sécurité : elle provoque des retards, mais pas d'accidents.

L'aménagement du territoire, malgré le ferroviaire ou grâce à lui ?

Par Clément BEAUNE

Haut-commissaire à la Stratégie et au Plan

Et Maxime GÉRARDIN

Haut-commissariat à la Stratégie et au Plan

Le rail a d'abord révolutionné les transports par la vitesse, puis a dû se réinventer sous la pression de la route et de l'aérien. Chaque fois, il a modelé notre géographie. Ses bienfaits sont multiples et indéniables, mais ses fondamentaux économiques, qui font intervenir des effets d'échelle, conduisent à de forts écarts de traitement entre territoires.

Dans notre XXI^e siècle où le train sera crucial, notamment pour le climat et pour notre indépendance énergétique, il nous appartient de démontrer la contribution du système ferroviaire à l'aménagement du territoire en expliquant ses mécanismes de redistribution, en portant un regard lucide sur les « petites lignes » et, surtout, dans le cadre d'une véritable politique des services plutôt que des infrastructures neuves, en n'épargnant pas nos efforts pour développer, y compris hors des axes à forts trafics, les services qui amèneront au train un maximum de passagers et de marchandises.

Quand, au milieu du XIX^e siècle, advient le train, il circule immédiatement 4 ou 5 fois plus vite que la diligence – qui pourtant avait été longuement optimisée pour, c'est ce que le mot signifie, offrir aux voyageurs un service rapide. Et grâce à sa faible résistance au roulement, il peut transporter plus de masse, et à coût diminué. Difficile donc d'exagérer combien il ne pouvait que révolutionner notre géographie !

La géographie qui advient alors est géographie d'émancipation : elle accompagne la diffusion des progrès techniques, des progrès sociaux, de l'instruction gratuite ; elle rapproche les ruraux des opportunités de la grande ville ; elle promet un territoire mieux embrassable à une nation qui se découvre encore.

Pour autant, on ne peut ignorer que cette nouvelle géographie n'est pas entièrement naturelle ; qu'elle déforme, en quelque sorte, la carte du pays, comme un tissu dont les fils auraient été diversement tendus. Par exemple, depuis Illiers-Combray, atteinte en 1876 par une ligne radiale qui deviendra un temps l'itinéraire Paris – Saumur – Bordeaux des chemins de fer de l'État, les contemporains de l'enfant Marcel Proust voyageront, selon la direction de leur destination, ou bien à la vitesse du train, ou bien à celle du cheval. Si on oubliait un instant tout le progrès que ce train apporte, tous les déplacements nouveaux qu'il permet, on verrait presque là une injustice. Et que dire de la comparaison avec les autres bourgs de la Beauce ou du Perche, qui ne disposent pas tous d'une gare !

S'ouvre donc un temps où la géographie ferroviaire devient un déterminant de la destinée des territoires. Avant le rail, Romorantin est une ville d'industrie textile, plus peuplée que Vierzon. Une fois Vierzon confirmée par le rail comme la croisée des axes Lyon – Nantes et Paris – Toulouse, c'est là que s'implantera l'industrie.

Une géographie ferroviaire capable de faire ou défaire des destins ne peut qu'inspirer de forts sentiments. Elle se vit bien souvent entre désir d'être relié, et agacement ne pas l'être au mieux. Frustration qui serait presque, aujourd'hui encore, un trait d'union entre nombre de territoires, depuis les ruralités, quand elles se trouvent éloignées et mal desservies, jusqu'à une très large aire d'attraction francilienne, et ses centaines de milliers d'urbains contraints à de longs détours par Paris.

Le sentiment tourne même parfois au rejet, notamment chez ceux qui accusent l'« étoile de Legrand »¹, rayonnant depuis Paris, d'avoir entériné et perpétué un excès de centralisation.

Dans quelle mesure cette critique est-elle valide ?

¹ D'Alexis Legrand, dont il faut mesurer qu'il fut simultanément directeur général des Ponts-et-chaussées et des Mines, conseiller d'État, député, et sous-secrétaire d'État aux travaux publics, et qui porta la loi du 11 juin 1842 relative à l'établissement des grandes lignes de chemin de fer, laquelle prévoyait 9 grandes lignes à construire, dont 7 qu'on qualifierait aujourd'hui de « radiales », menant à Paris.

On trouvera bien sûr des occasions où le décideur, s'il y prend garde, verra qu'il a le choix. Quand de nos jours la région Normandie, par exemple, choisit de rapatrier la maintenance de ses rames depuis l'Île-de-France vers Sotteville et d'autres sites normands, elle signale bien que la situation antérieure comportait des éléments de centralisation peu défendables.

Mais on relèvera aussi partout des effets d'échelle. Pour ne prendre que le cas des trains de voyageurs : quand les villes reliées sont plus peuplées, les trains peuvent devenir à la fois plus capacitaires, donc moins coûteux par passager, et plus fréquents, et donc attirer encore plus de passagers. Si la ligne est davantage parcourue, les aménagements permettant de plus hautes vitesses, voire une ligne nouvelle, deviendront justifiés ; et la diminution des temps de trajet non seulement attirera des passagers supplémentaires, et augmentera le consentement à payer des passagers déjà présents, mais encore réduira les coûts du matériel roulant et de son personnel, qui « tourneront » plus vite. L'amélioration de la liaison ajoutera à l'attractivité des grandes villes reliées, etc. On se trouve donc en présence d'effets d'échelle massifs, voire cruels, qui, par multiplications successives, peuvent transformer des différences de situation géographique peu spectaculaires en des écarts bien plus marqués pour ce qui est des infrastructures et des services.

Une politique ferroviaire sérieuse ne peut évidemment pas faire abstraction de ces effets d'échelle, et doit donc nécessairement, sûrement plus encore que d'autres politiques publiques, s'appuyer sur un minimum d'analyse économique. Ce n'est peut-être pas un hasard si, voulant faire percevoir à ses étudiants les complexités de la notion de coût et la rigueur d'analyse qu'elle requiert, Maurice Allais construisit son exemple dans le domaine ferroviaire, en formulant la « métaphore du voyageur de Calais² » !

² NDLR : voici la métaphore, fondée sur la question « Combien coûte un passager monté à Calais dans le train pour Paris ? ».

- un contrôleur estimera que la consommation de ressources supplémentaires est infinitésimale, le train étant à peine plus lourd, et répondra presque rien (coût marginal nul) ;
- le chef de train est plus prudent : si soixante passagers font comme lui, il faut ajouter une voiture au train. Il estime donc le coût à 1/60e du coût de la voiture pendant le temps du transport ;
- le chef de ligne objecte qu'on ne peut ajouter indéfiniment des voitures à un train, et au bout de 20 voitures il faut doubler celui-ci. Il souhaite donc imputer pour sa part, en plus du 1/60e de voiture précédent, 1/1 200e du prix de la motrice et du salaire de son conducteur ;
- le chef de réseau n'est pas d'accord : on ne peut pas multiplier ainsi les trains sans risque sur une même voie, et à partir de 50 trains par jour il est obligé de doubler la voie. Il ajoute donc pour sa part 1/120 000e du coût de la voie (toujours rapporté au temps du transport).

Maurice Allais montre ainsi que par approximations successives on arrive à ce que doit être le coût minimal du billet pour que la compagnie ferroviaire ne soit jamais en déficit. Il illustre ainsi qu'on ne peut parler du coût d'un bien ou d'un service, mais qu'il est plus exact de parler de coût d'une décision en indiquant à quel niveau on la considère.

Constater l'impératif du réalisme technico-économique ne fait pas une politique ferroviaire : reste la difficile question de savoir comment, alors que les solutions envisageables diffèrent drastiquement d'un endroit à l'autre, manifester à tous, et à tous les territoires, l'égale attention qu'ils attendent. Avant de tenter des réponses, il faut compléter le tableau de nos modes de transport.

Le XX^e siècle : nouveaux progrès des transports, et nouveaux succès paradoxaux du rail ?

Si l'avènement du train a très vite effacé les diligences et autres malles-poste, le cheval n'en est pas moins resté omniprésent dans nos campagnes et petites villes pendant un demi-siècle encore. Le bouleversement suivant s'engage avec le moteur à combustion interne, donc l'automobile et le camion, et plus tard l'avion.

Les contemporains de l'irruption de ces modes sont parfois allés jusqu'à croire un moment qu'ils signeraient la fin du train. On mesure mieux aujourd'hui les excès de cette époque – qui culminent peut-être en 1963, quand un négociant en machines agricoles de Montauban³, appelé d'urgence à Paris pour des affaires requérant une certaine disponibilité d'esprit, choisit de s'infliger une nuit blanche au volant, sur la route nationale de l'époque, plutôt que de grimper à bord d'un des trains de nuit qui parcouraient l'axe aujourd'hui connu comme « POLT »⁴.

Quelle que soit notre part de consternation rétrospective pour les choix d'alors – à commencer sûrement par celui, jusqu'à la presque fin des Trente Glorieuses, de ne pas combattre la croissance rapide du nombre de victimes de la route... –, on peut difficilement refuser de se réjouir de ce que la voiture et l'avion ont apporté à l'aménagement du territoire : d'abord en incitant très efficacement le ferroviaire à progresser, depuis le service aux passagers jusqu'à la création des lignes à grande vitesse ; ensuite en allant desservir des territoires restés hors de portée du train. La voiture et le camion sont de fait devenus le premier vecteur de la participation de tous les territoires à la vie sociale comme économique, pour le meilleur comme parfois le pire.

Si ce temps voit la relativisation du monopole du rail sur les trajets de longue distance, et, progressivement, sa quasi disqualification pour la desserte fine des territoires autres que très denses, il est aussi un temps de succès du train : succès dans l'accompagnement du développement de l'industrie lourde, qui a souvent un besoin vital du ferroviaire ; succès dans le développement de la grande vitesse ; succès aussi dans le développement des RER franciliens.

Ces succès ont à voir, bien sûr, avec les effets d'échelle mentionnés plus haut : c'est en jouant de ces effets d'échelle que le ferroviaire a trouvé, protégé et déve-

³ À savoir Fernand Naudin, qu'incarne Lino Ventura dans *Les tontons flingueurs*.

⁴ Pour Paris – Orléans – Limoges – Toulouse.

loppé le noyau dur de son domaine de pertinence. Mais cela a un revers : le RER, en tout cas celui dont la fréquence fait un quasi-métro, est inévitablement cantonné à l'Île-de-France ou presque ; quant à la grande vitesse, inévitablement orientée essentiellement vers l'Île-de-France, elle opère une sorte de tri entre les grandes villes, selon qu'elle les dessert ou non. C'est le paradoxe des succès ferroviaires du XX^e siècle : ils renouvellement, voire approfondissent, la diversité de traitement que, malgré une densité de petites lignes parmi les plus élevées d'Europe, le train réserve aux territoires.

Quelle place pour le train dans notre XXI^e siècle ?

À ce point, on pourrait croire le train trop imparfaitement universel pour être chéri de la République. Ce serait oublier sa place de choix dans l'imaginaire français. Ce serait surtout oublier trop vite ses avantages exceptionnels !

Son extrême sobriété énergétique d'abord, résultat conjugué de son aérodynamisme et de sa faible résistance au roulement, en fait un modèle de décarbonation, au service du climat et de l'indépendance énergétique. Ce point à lui seul doit nous faire désirer du train partout où cela est possible – et nos concitoyens le désirent, comme l'attestent les records de fréquentation désormais battus d'année en année !

S'y ajoutent de très nets avantages dans des champs aussi divers que la sécurité des personnes ; la qualité de l'air ; le contenu local des chaînes de valeur... N'en jetez plus ? Si : des services fiables et performants peuvent avoir un effet d'attractivité économique et touristique, et même réduire la fatigue et la charge mentale induites par les trajets routiers récurrents.

Ces arguments multiples devraient suffire à repousser le mouvement d'humeur qui préférerait qu'on n'eût pas fait la grande vitesse, comme si certains territoires y avaient perdu quelque chose. Mieux vaut partager la valeur, que répartir la pénurie !

L'enjeu est ainsi plutôt de savoir comment étendre autant qu'il est possible les services, passagers et marchandises, rendus par le ferroviaire – et d'autant plus aujourd'hui que la demande de train s'est orientée résolument à la hausse.

Pour cela, il faut d'abord identifier le domaine accessible au train, dans une vision ambitieuse ; et ceci impose de porter un regard lucide sur les « petites lignes ». Sortons du mythe des petites lignes d'autrefois ! Rouvrons les tableaux horaires de celles qui atteignaient jadis les chefs-lieux de canton de nos territoires de cœur : oui, ces lignes allaient presque partout, mais avec des fréquences et vitesses très en deçà des attentes d'aujourd'hui ! Rien d'étonnant donc à ce qu'elles aient été remises en cause, avant même la voiture individuelle des années 1950 et 1960, par l'autocar de l'entre-deux-guerres.

Soyons clairs : non seulement la grande vitesse n'ira pas partout, mais encore le train lui-même n'ira pas

partout. Et avoir décentralisé le choix de réinvestir ou non dans chacune des petites lignes n'est pas une perfidie de plus de l'État ; mais la traduction de ce que ces décisions, certes difficiles, dépendent d'une multitude de facteurs, chaque fois différents, dont l'examen pragmatique ne peut être que local. Dans tel cas d'espèce, le rail reste-t-il bien compétitif par rapport aux solutions routières ? Quel projet de service associer à la régénération de l'infrastructure ? Comment l'interconnecter aux autres offres de transport ? Tout ceci pris en compte, obtiendra-t-on des flux suffisamment massifiés pour que les coûts fixes de l'infrastructure restent justifiés ?

Les réponses ne seront pas forcément négatives. Au monde ferroviaire de permettre, comme à travers les projets TELLi et Draisly, l'émergence et la fiabilisation des solutions techniques qui repousseront les limites de l'équation : simplification, allègement, maintenance prédictive, automatisations, conduite autonome, électrification par batteries... Et aux collectivités de construire chaque fois, librement, la réponse la plus pertinente aux besoins des citoyens.

Ces réponses passeront parfois par des solutions telles que les cars express, d'autant plus qu'ils peuvent eux aussi être électrifiés ; être équipés pour reproduire certaines qualités du train, comme l'information des voyageurs ou l'emport de vélos ; et qu'ils peuvent parfois accéder au cœur de la grande ville par une voie d'autoroute réservée. Mais si le train n'ira pas partout, notre question revient : comment alors manifester à tous que le train est bien au service de la collectivité nationale dans son ensemble ?

Au sein du système ferroviaire, des mécanismes de redistribution, depuis le cœur dense du système vers ses périphéries, existent. Soyons-en fiers, parlons-en ! Qui, hors des spécialistes, sait que les passagers de la grande vitesse financent une part substantielle de l'entretien du réseau structurant moins génératrice de recettes ? Qui, sans ignorer les débats quant au niveau de la redevance « de marché », sait aussi que l'État finance les redevances d'accès théoriquement dues par les Régions, à l'exception de celle à acquitter par l'Île-de-France ?

Ensuite certains services, qui manifestent la volonté du ferroviaire d'aller au-delà des axes à fort trafic, n'ont pas toujours reçu l'attention qu'ils méritent. Les efforts pour les faire croître ne doivent pas être épargnés.

Ce sont notamment les trains d'équilibre du territoire (TET), dont les emblématiques trains de nuits, mais aussi et surtout de nombreuses relations de jour à trafic plus ou moins fourni : le célèbre « Intercités », méprisé et négligé par l'État lui-même encore récemment. Fiabilité, lisibilité et fréquence, appuyées par les innovations techniques et de service pertinentes, doivent y devenir les maîtres mots. Il y a un sens fort à avoir affirmé l'État comme leur autorité organisatrice, non seulement parce qu'il manifeste là son engagement pour la desserte des territoires, mais aussi pour la grande valeur qu'il y a à ce que l'autorité de tutelle du système ferroviaire ait l'expérience directe du difficile et subtil métier d'autorité organisatrice.

Ce doit être aussi certaines liaisons à grande vitesse. Nous sommes le seul pays au monde à avoir développé des TGV à deux étages. Ils sont une fierté, sont indispensables sur certains axes et lors des grands départs, et le flux de redistribution mentionné plus haut leur doit beaucoup. Mais en raison de leurs succès, on croit parfois qu'ils représentent la seule grande vitesse possible, et on délaisse un peu vite les relations à moindres trafics, c'est-à-dire les « intersexeurs »⁵, ainsi que les quelques radiales à faible demande. Les fondamentaux économiques n'interdisent pourtant pas ces liaisons. Un train n'est pas un avion : il n'a pas systématiquement besoin d'atteindre 90 % de remplissage pour que sa circulation soit rentable !⁶ Les forts taux de remplissage actuels signent au contraire un manque de trains. Sortir de cette sous-capacité est la priorité première, désormais bien comprise. Et en vue de la suite, ne propageons pas l'idée fausse que la grande vitesse à moindre trafic serait intrinsèquement déficitaire ! Mettons plutôt de la matière grise à la rendre à nouveau possible, notamment, dans le cadre de l'ouverture à la concurrence, en corrigeant la régulation économique du rail pour qu'elle n'empêche plus la circulation de trains qui, sans contribuer à cette péréquation, peuvent parfaitement financer leurs propres coûts d'opération, sur une infrastructure existante qui n'attend qu'eux.

Et s'il nous reste des capacités de réflexion, elles pourront être utilement investies dans le cas des passagers en correspondance, qui entre autres obstacles font souvent face à des tarifs excessifs car construits par addition⁷, alors justement qu'ils devraient être encouragés pour leur volonté de préférer le train.

Les différents points soulignés ici ont en commun qu'ils appellent à faire porter désormais l'action non sur la construction de grandes infrastructures nouvelles, mais avant tout sur une politique des usages. C'est aussi toute la philosophie des services express régionaux métropolitains (SERM) actuellement en gestation : pragmatique, orientée vers l'usager, et acceptant que les solutions ne soient pas uniquement ferroviaires. Loin de l'imaginaire des lignes nouvelles, l'infrastructure y est comprise comme un actif précieux, à entretenir et valoriser, à moderniser, et à compléter par les aménagements ponctuels qui rendent possibles un maximum de services et usages. Il y a une urgence vitale à investir plus, et à investir d'abord dans le réseau ferré, bien commun du patrimoine national !

Une dernière illustration de cet état d'esprit : à l'heure où les acheteurs de voitures neuves, et particulièrement parmi eux les grands loueurs, résistent encore au passage à l'électrique, ne faut-il pas faire l'effort, difficile certes, mais principalement intellectuel et organisationnel, qui permettra aux gares de devenir le premier point de location des petites voitures électriques que les constructeurs commencent maintenant à proposer ?⁸. Ce serait au bénéfice tant du remplissage des trains que de l'image du ferroviaire dans les petites villes concernées.

Conclusion

C'est en portant avec détermination l'ambition de faire monter à bord le plus grand nombre possible de personnes et de marchandises, en expliquant sans relâche ses réalités et ses dispositifs, et en prenant le temps, loin de l'idéologie, d'effectuer les analyses techniques et économiques nécessaires, que le rail contribuera au mieux à la cohésion nationale.

Les progrès possibles sont nombreux. L'utopie d'une desserte universelle des territoires ne sera pas réalisée, mais des solutions de mobilité pour tous sont à portée de main, et le rail en sera la colonne vertébrale.

La relation entre ferroviaire et aménagement du territoire est donc de réciprocité : l'aménagement du territoire gagne beaucoup d'un ferroviaire performant ; et réciproquement l'ambition ferroviaire sera d'autant plus légitime que le citoyen aura confiance dans la cohésion des territoires, c'est-à-dire dans leur complémentarité et dans les solidarités qui les relient.

⁵ Ce terme désigne tous les TGV qui n'ont pas une gare parisienne comme origine ou destination.

⁶ Le seul fait que le système TGV a longtemps fonctionné uniquement sur des rames à un niveau, disposant d'un tiers de sièges en moins, suffit à démontrer ce point.

⁷ Comme signalé par le Réseau action climat : <https://reseaucitoyenclimat.org/pourquoi-lavion-est-souvent-moins-cher-que-le-train-et-comment-y-remedier/>

⁸ Et avant si possible les supermarchés, qui ont pris de l'avance d'une part en s'imposant comme le lieu de la location abordable de voitures (aujourd'hui thermiques), d'autre part en développant rapidement la recharge sur leurs parkings...

Les attentes d'une autorité organisatrice de transport ferroviaire en matière d'environnement

Par Roch BRANCOUR

Vice-président de la région des Pays de la Loire

En tant qu'autorité organisatrice de transport ferroviaire, la Région dispose d'un levier de décarbonation efficace qu'elle peut conjuguer avec ses compétences en matière d'environnement. La Région peut ainsi porter l'ambition de contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre en élaborant une stratégie de mobilité ambitieuse qui prône le développement de l'offre ferroviaire pour allier transition écologique, développement économique et croissance démographique.

Pour accroître les externalités positives en matière d'environnement tirées du développement de l'offre de transport ferroviaire, il s'avère indispensable de l'intégrer pleinement dans l'ensemble des politiques publiques régionales. L'acceptabilité est également garante de l'efficacité de la politique ferroviaire en matière d'environnement car elle permet d'amplifier le report modal. Enfin, face au mur des investissements nécessaires, le développement de nouvelles modalités de financement et la coordination entre acteurs sont nécessaires.

Le Haut Conseil pour le Climat (HCC), dans son rapport annuel 2025, précise que les émissions de gaz à effet de serre, en France, ont baissé de 1,8 %, après une baisse de 6,8 % en 2023. Pour le HCC, ce fléchissement « est incompatible » avec l'atteinte de la neutralité carbone en 2050. Néanmoins, le rapport relève des avancées dans le secteur des transports, premier émetteur avec 34 % des rejets de carbone¹.

Pour mener à bien la transition écologique, les transports occupent une place clé, au carrefour de l'ensemble des politiques publiques. Aujourd'hui, alors que 95 % des émissions du secteur proviennent des voitures et des camions², le transport ferroviaire représente une opportunité de décarbonation forte. Il soulève cependant de multiples questions d'aménagement du territoire et d'égalité d'accès.

Dans ce domaine, les régions en tant qu'autorités organisatrices du transport collectif d'intérêt régional ont un rôle clé à jouer par leur stratégie de développement de leur plan de transport ferroviaire dans un monde en profonde mutation depuis la loi du 27 juin 2018 relative au renouveau du pacte ferroviaire. En effet, la Région sort progressivement du monopole de l'opérateur ferroviaire historique pour faire entrer de nouvelles entreprises ferroviaires et ainsi dynamiser un marché qui le nécessite. Par ailleurs, la Région participe, dans le cadre de sa

mission, au financement de l'achat de nouvelles rames plus écologiques, à l'aménagement et à la modernisation des gares, là aussi avec une recherche permanente de sobriété, ainsi qu'à la rénovation des voies ferrées régionales pour proposer plus de trains.

L'investissement dans le ferroviaire et plus largement dans le développement d'une offre de transport revêt donc un enjeu environnemental majeur. Le déploiement d'une stratégie de développement du ferroviaire s'intègre et s'appuie sur les compétences en matière d'environnement de la Région, comme la rédaction du schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDET), outil clé à sa disposition. Depuis la loi MAPTAM³, celle-ci est également chef de file en matière d'intermodalité et de complémentarité entre les modes de transport, compétence qui lui permet d'activer directement les leviers de la mobilité durable.

Si la Région dispose d'instruments d'action performants en matière d'environnement, il convient néanmoins de spécifier les attentes et les bénéfices environnementaux directs qu'elle peut tirer de son intervention dans le domaine ferroviaire. Surtout, il faut bien noter que l'investissement dans ce domaine intègre également des questions de coût, d'acceptabilité, d'inclusivité, qui peuvent démultiplier les effets des choix pris et accentuer les gains environnementaux espérés.

¹ Haut Conseil pour le Climat (2025), rapport annuel « Relancer l'action climatique face à l'aggravation des impacts et à l'affaiblissement du pilotage ».

² Commissariat général au développement durable (2021), note « Les émissions de GES du secteur des transports ».

³ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000028526298>, chapitre III, article 6

Des gains environnementaux pluriels qui font du ferroviaire un chaînon clé de la transition écologique régionale

Le ferroviaire : un catalyseur de la politique de décarbonation régionale

Le transport ferroviaire représente une solution de transport durable face au défi du réchauffement climatique. En effet, le train permet des réductions majeures des émissions de CO₂, et constitue un faible vecteur de pollution de l'air, ne représentant que 0,6 % des émissions totales nationales. Et ce, alors même qu'il transporte chaque année 11 % des voyageurs et 9 % des marchandises.

En comparaison avec les autres moyens de transport, le train est durable et écologique. Selon l'Ademe⁴, sur un trajet de 50 km, correspondant à la distance moyenne parcourue par un français par jour, le TER émet 8 fois moins de GES que le même trajet réalisé en voiture individuelle.

En reliant ce constat à la manière dont les Français se déplacent quotidiennement, à partir des chiffres de l'enquête nationale sur la mobilité des personnes⁵, le ferroviaire se présente comme une opportunité pour la décarbonation. En effet, en 2019, dans le cadre de leurs déplacements quotidiens, les Français utilisaient la voiture dans 63 % des cas. Le défi du raccordement des agglomérations à leurs zones périurbaines et périphériques constitue donc un gisement de décarbonation conséquent pour la Région.

Le train est ainsi une solution écologique qui, en réduisant le temps nécessaire pour parcourir certaines distances, peut décupler les externalités positives de l'investissement régional initial. Pour que le ferroviaire puisse avoir cet effet levier sur la décarbonation, la Région doit parallèlement proposer une offre cohérente, conséquente et concertée avec les usagers pour les convaincre d'adopter ce mode de transport dans leur quotidien. Des outils existent et sont utilisés pour mener ces temps d'échanges et de co-construction indispensables tels que, les comités de lignes ferroviaires ou encore les comités des partenaires, qui regroupent usagers, entreprises de transports ferroviaires, employeurs et acteurs du monde associatif.

Le transport ferroviaire connaît en France une dynamique de hausse continue de la fréquentation des trains de voyageurs. L'augmentation (+ 6 % en 2024) est portée par les trains du quotidien, TER et Intercités, dont la fréquentation s'est accrue de 11 % en métropole en 2024. Selon l'ART⁶, cela représente un tiers de fréquentation supplémentaire par rapport à 2019. Il y a donc une demande claire de la part des usagers, une envie de train sur laquelle la Région doit s'appuyer.

⁴ ADEME, outil Impact CO₂ issu de la Base Empreinte.

⁵ INSEE (2023), « La mobilité locale et longue distance des Français. Enquête nationale sur la mobilité en 2019 ».

⁶ Autorité de régulation des Transports (2025), « Marché français du transport ferroviaire, premiers chiffres 2024 ».

La maîtrise des dépenses énergétiques et de l'artificialisation du territoire qui suppose l'électrification du réseau

Les dépenses de fonctionnement des TER et du Transilien s'élèvent à 7,2 Mds€ en 2023 à la charge des régions et d'Île-de-France Mobilités⁷. Un quart des TER en service fonctionnent au gasoil à cause de lignes non électrifiées. Les budgets régionaux sont ainsi soumis aux aléas des marchés en cas de chocs énergétiques.

L'investissement dans le ferroviaire limite la pollution sonore et préserve les espaces naturels. Les travaux de modernisation pour électrifier les lignes ne nécessitent pas d'en construire de nouvelles tant le réseau actuel est dense. Les infrastructures étant déjà existantes, l'artificialisation du territoire est ainsi réduite dans un contexte de sobriété foncière. La réduction de la congestion du trafic routier et des émissions de véhicules arrêtés sont d'autres atouts concrets.

Si le processus d'électrification du réseau ferré s'est accéléré ces dernières années, avec près de 16 000 kilomètres de lignes ferroviaires électrifiées, soit 55 % du réseau français, les lignes secondaires majoritairement régionales (les lignes de desserte fine du territoire) le sont moins. Alors qu'un train diesel pollue près de 10 fois plus qu'un train électrique⁸, les trains électriques émettent jusqu'à 80 % de CO₂ en moins que les voitures et les avions pour des distances similaires⁹. L'empreinte carbone du réseau ferroviaire régional pourrait être considérablement réduite par le développement des trains à batterie et l'investissement dans l'électrification des lignes.

Le ferroviaire comme levier du transport combiné et de l'offre de mobilité durable

L'efficacité environnementale du ferroviaire suppose, pour la Région, de fournir une offre de mobilité diversifiée et complète afin de prolonger les externalités environnementales générées par la ligne ferroviaire au-delà de la gare par des mobilités douces, comme le vélo ou l'autocar électrique notamment. L'offre ferroviaire peut ainsi être un catalyseur du développement de mobilités connexes cohérentes et ciblées.

Selon une étude de l'UFC-Que Choisir¹⁰, 85,3 % de la population française n'a pas de gare à moins de dix minutes de marche. Par ailleurs, 53 % de la population française se trouve à plus de dix minutes à vélo d'une gare. Ces résultats soulignent donc la nécessité, pour la Région, de réfléchir à la manière de rendre l'offre ferroviaire plus accessible dans le cadre de la mobilité quotidienne. Si le vélo, par la création de plateforme multimodale en entrée ou en sortie de gare, peut per-

⁷ FIPECO (2025), « Le coût de la SNCF pour les contribuables en 2023 ».

⁸ SNCF, Comparateur de mobilité, <https://www.sncf-connect.com/train/comparateurco2>

⁹ Agence européenne pour l'environnement (AEE) (2024), rapport « Sustainability of Europe's mobility systems ».

¹⁰ UFC-Que Choisir (2024), « L'accès aux transports en commun ».

mettre de prolonger la mobilité douce, il ne faut néanmoins pas négliger l'offre de transport en commun en amont ou en aval du trajet ferroviaire. Cette réflexion implique un dialogue avec les autorités organisatrices de la mobilité (AOM), compétentes en la matière, sauf si la Région s'est substituée à celles-ci. L'intermodalité, pour laquelle la Région a un rôle de chef de file depuis la loi MAPTAM, permet néanmoins de piloter la concertation entre les différents acteurs.

Des enjeux transversaux clés pour la Région à conjuguer afin de développer une mobilité durable, ambitieuse et économiquement soutenable

Les attentes en matière environnementale directement tirées de la politique régionale dans le ferroviaire ne seront effectives, puissantes et durables que si elles sont articulées avec l'ensemble des politiques publiques régionales.

Une mobilité à inscrire dans l'aménagement du territoire

Pour répondre aux enjeux de la décarbonation, par des mobilités plus sobres, plus collectives, plus économies en énergie et moins émissives dans l'ensemble de leur cycle de vie, l'aménagement du territoire est central. Il doit être davantage structuré autour des infrastructures de transports et des services de mobilités. En effet, il faut réduire les distances parcourues, tant pour le bien-être de la vie quotidienne, en permettant plus de mobilités actives, moins de temps de déplacement contraint et moins de pollution émise, que pour réduire les effets sur la biodiversité, les ressources naturelles et atteindre les objectifs de zéro artificialisation nette.

Le développement du transport ferroviaire permet également d'impulser un changement de paradigme en matière d'aménagement du territoire raisonné. C'est un véritable outil d'aménagement du territoire dans les zones plus ou moins denses. Dans ce contexte, le SRADDET peut aider à dessiner l'offre ferroviaire de demain. L'accent doit être mis sur la revitalisation des lignes de desserte fine du territoire (LFDT), qui irriguent et maillent les territoires, ainsi que sur leur accessibilité. Par ailleurs, le schéma régional de l'intermodalité (SRI) doit permettre la mise en place de pôles multimodaux au cœur des territoires urbains comme ruraux. Enfin, les services express régionaux métropolitains (SERM) doivent s'inscrire dans une réflexion locale pour cibler les axes les plus fréquentés et permettre de sortir du « système tout voiture » par le haut.

Les enjeux économiques sont très intriqués. Le transport ferroviaire est le premier secteur créateur d'emplois directs¹¹. Surtout, les coûts fixes représentent

95% des coûts de l'infrastructure. Renforcer l'offre de train permet de réduire le coût unitaire des trains sans augmenter trop fortement les coûts d'exploitation, maximisant ainsi le retour d'investissement pour la Région.

Par ailleurs, si le véhicule individuel reste le moyen de transport privilégié, c'est qu'il offre des avantages concrets en termes de flexibilité, d'accès et de confort pour les personnes. Il convient donc de travailler sur l'accessibilité des gares. Une accessibilité financière, tout d'abord, par une politique commerciale adaptée, susceptible de convaincre les usagers de prendre le train. Une accessibilité d'accès, d'autre part, avec le développement de l'intermodalité, notamment train-vélo, en augmentant la capacité d'emport dans les TER et les stationnements sécurisés au droit des gares.

Une équation budgétaire complexe qui nécessite de repenser le financement des mobilités au niveau national et territorial

Dans un contexte budgétaire complexe, le rôle de la Région est crucial pour assurer la transition écologique des territoires. Selon un rapport du Sénat¹², pour que la France puisse tenir ses engagements climatiques, elle doit augmenter de 25 à 30 % l'offre de transport collectif du quotidien d'ici 2030. Le choc d'offre des transports est estimé à 60 Mds€ à la charge des AOM locales, réparties entre 30 Mds€ de dépenses d'investissement (SERM et renouvellement des matériels roulants) et 25-30 Mds€ de dépenses de fonctionnement.

Dès lors, la Région doit mettre en place des solutions financières innovantes et rechercher de nouvelles ressources pour être au rendez-vous des enjeux et surmonter le mur de dépenses d'investissement et de fonctionnement. Plusieurs outils sont en cours de déploiement à l'instar de la mise en place d'un refinancement du matériel roulant ferroviaire à travers un montage concessif avec une société publique locale. Ce montage permet de lever un financement à long terme, avec des conditions plus favorables en lissant la dépense d'investissement sur un temps long.

Par ailleurs, afin de moderniser le réseau ferroviaire, des partenariats publics/privés qui permettent de faire porter à un concessionnaire le financement de la régénération de l'infrastructure permettent de lisser la dépense sur une durée plus longue, en corrélation avec la durée d'amortissement de l'infrastructure.

Ces outils ne sont toutefois pas suffisants et d'autres modes de financement devront émerger dans les prochains mois, au risque que ne pas être au rendez-vous du développement économique, de la transition écologique, de l'aménagement du territoire et de cohésion sociale.

¹¹ ADEME (2020), « Marchés et emplois concourant à la transition énergétique sans les secteurs des transports ».

¹² Sénat (2023), « Rapport d'information sur les modes de financement des AOM ».

Bibliographie

- ADEME, « Outil Impact CO₂ «Transport» », <https://impactco2.fr/outils/transport>
- ADEME (2020), Rapport « Marchés et emplois concourant à la transition énergétique dans les secteurs des transports ».
- AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ENVIRONNEMENT (AEE) (2024), Rapport “Sustainability of Europe's mobility systems”.
- AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (2025), « Marché français du transport ferroviaire, premiers chiffres 2024 ».
- COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2021), « Les émissions de GES du secteur des transports », <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/climat/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-et-l-empreinte-carbone-ressources/article/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-du-secteur-des-transports>
- FIPECO (2025), Fiche « Le coût de la SNCF pour les contribuables en 2023 ».
- HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT (2025), Rapport annuel « Relancer l'action climatique face à l'aggravation des impacts et à l'affaiblissement du pilotage ».
- INSEE (2023), « La mobilité locale et longue distance des Français. Enquête nationale sur la mobilité en 2019 ».
- SÉNAT (2023), « Rapport d'information sur les modes de financement des AOM ».
- SNCF (2022), « Comparateur de mobilité », <https://www.sncf-connect.com/train/comparateurco2>
- UFC-QUE CHOISIR (2024), Étude « L'accès aux transports en commun ».

Le train et l'aménagement du territoire

Par Philippe DURON

Co-président de TDIE et président de l'IHEDATE

En plus d'être un moyen de transport décarboné, le train est aussi – et peut-être même avant tout – un outil d'aménagement du territoire. Il offre au plus grand nombre la possibilité d'accéder à davantage de destinations tout en préservant la planète. Cette mission, qui s'est construite par des choix politiques successifs depuis le XIX^e siècle a accompagné la décentralisation et alimente aujourd'hui l'envie de « plus de train », tant du point de vue des élus que des usagers.

Si l'on pouvait craindre pour l'avenir du ferroviaire il y a encore quelques années, de nouvelles perspectives permettent aujourd'hui d'être plus optimiste. La première raison, c'est bien sûr l'attachement des Français au train, que l'on observe dans les métropoles comme lors des périodes de vacances, où Français mais aussi étrangers, de plus en plus nombreux, se ruent dans les gares.

Le second atout, réside évidemment dans la réussite de la décentralisation qui a pris en main Transiliens, TER et TET, avec conviction et des moyens importants.

Mais le train est l'héritage d'une histoire exceptionnelle et d'un patrimoine d'une valeur considérable et plein d'avenir.

La révolution des transports, portée par les industriels, les banquiers ainsi que l'État et les départements, pousse au développement des lignes ferroviaires et des services de transport de marchandises et de voyageurs sur l'ensemble du territoire métropolitain. Concurrencé par l'automobile au XX^e siècle, le train – et avec lui l'État et la SNCF, créée en 1937 – a dû s'adapter et se redéployer sur le territoire. Le système ferroviaire se réinvente aujourd'hui grâce à un nouveau jeu d'acteurs, à des mutations techniques, à l'ouverture à la concurrence et, à l'avenir, à une adaptation au changement climatique.

Visionnaires, précurseurs et pionniers

Comprendre le rôle du train dans l'aménagement du territoire nécessite de se retourner vers le XIX^e siècle et les précurseurs de l'action publique dans ce domaine. Le premier d'entre eux, c'est bien sûr Pierre Michel Moisson Desroches, ingénieur en chef des mines, né à Caen, qui adresse en 1814 à l'empereur Napoléon une note visionnaire « sur la possibilité d'abréger les distances en sillonnant l'Empire de sept grandes voies ferrées ». L'Empire n'a pas survécu à Waterloo et les réseaux se limiteront à six.

Alexis Legrand, polytechnicien, conseiller d'État, député de la Manche, inspira de nombreux textes de loi et décisions administratives en matière de réseaux (routes, canaux, postes), et notamment, la loi du 11 juin 1842 relative à l'établissement des grandes lignes de chemin de fer dont la réalisation est facilitée par la loi de 1833 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique. La loi de 1842 accélère la création de compagnies concessionnaires et par conséquent de lignes nouvelles. L'étoile de Legrand, c'est-à-dire l'organisation des lignes ferroviaires en étoile autour de la capitale, structure depuis deux siècles les chemins de fer qui relient Paris aux frontières du pays. Cette loi répartit l'effort entre l'État, propriétaire des terrains concernés par les tracés ferroviaires et des ouvrages d'art, et les compagnies qui ont en charge les superstructures, le matériel ainsi que l'exploitation. Le partenariat public-privé s'impose sans difficulté sous un régime libéral, la Monarchie de Juillet.

C'est avec la III^e République et Charles de Freycinet, polytechnicien, ingénieur des mines et homme politique de premier plan, que le réseau ferré va trouver les conditions de sa plus grande extension.

La loi du 17 juillet 1879, dite « plan Freycinet », prévoit la construction d'un réseau de 16 000 km de nouvelles voies ferrées. Ce plan vise à favoriser l'accès de tous les Français à une gare et au train mais répond aussi à des motifs politiques, faire mieux accepter la République dans les campagnes. L'objectif est de desservir tous les chefs-lieux de canton.

À la veille de la Première Guerre mondiale, le réseau ferré français comptait 42 000 km auxquels s'ajoutaient plus de 20 000 km de voies d'intérêt local construites le plus souvent à l'initiative des départements. Le système bancaire joua un rôle essentiel dans le développement du train : les banques d'affaires (banques Lazare, Laffite, Rothschild) deviennent actionnaires majoritaires des grandes compagnies ferroviaires. Les banques de dépôts drainent l'épargne nécessaire aux investissements ferroviaires. Activité motrice de l'économie, le chemin de fer génère de l'activité et des

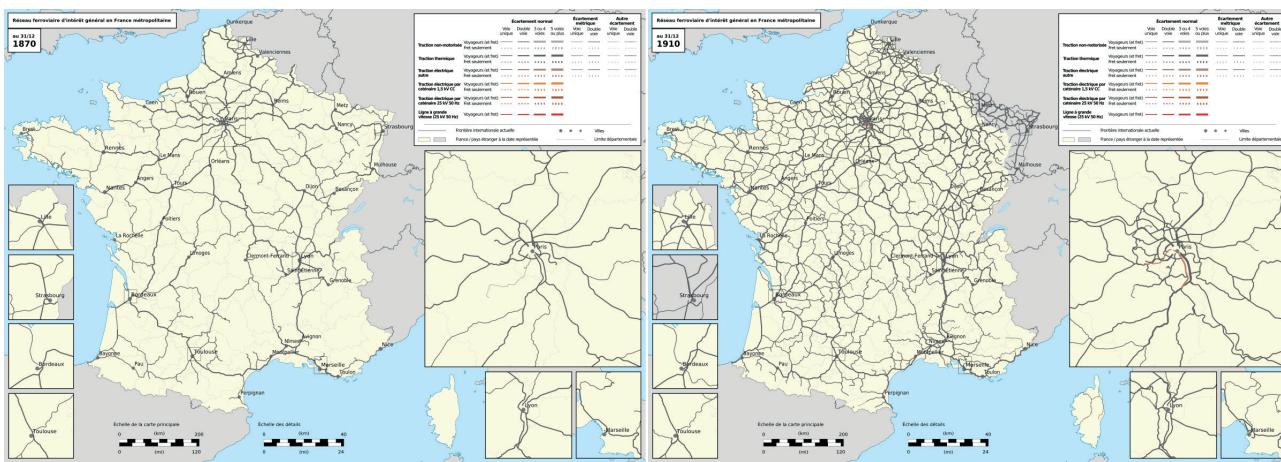


Figure 1 : L'évolution du réseau ferroviaire métropolitain continental entre 1870 et 1910
(Source : JOUFFROY L.-M. (1953), *L'ère du rail*, Armand Colin).

emplois en grand nombre dans la plupart des régions françaises : emplois directs liés à l'entretien de la voie et à l'exploitation mais aussi emplois industriels pour la production de rails et autres appareils de voies, ainsi bien sûr que du matériel roulant.

Le rail concurrencé par la route

Les progrès que sont la mise au point du moteur à explosion, l'adoption de produits pétroliers pour le carburant comme pour la construction des routes, le développement de l'industrie automobile constituent un système nouveau de transport qui concurrence de plus en plus fortement le train. « La crise de 1929 » met en difficulté le modèle économique des chemins de fer.

Devant les faillites de certaines compagnies, le gouvernement décide la nationalisation des chemins de fer et la création d'une société d'économie mixte, la SNCF, où l'État devient majoritaire. Pour assainir la situation du système ferroviaire, on engagea la fermeture des lignes les plus fortement déficitaires.

Celle-ci, engagée entre 1937 et 1939 s'est poursuivie dans les années soixante puis a été à nouveau recommandée plus récemment par plusieurs rapports. L'audit de 2005 sur « l'état du réseau ferré national français », mené par les professeurs Rivier et Putallaz de l'EPFL, mit en évidence les risques que le sous-investissement en matière d'entretien et de régénération du réseau faisait courir au réseau, au point que certaines lignes étaient menacées d'« effondrement ». Cet audit fit grand bruit en recommandant rien moins que le retraitement de 30 % des lignes. Cette solution avait le goût du renoncement et était politiquement risquée. Il fallut attendre le rapport de Jean-Cyril Spinetta en 2018, pour être de nouveau confronté à cette dure réalité du coût d'entretien du réseau ; lui aussi proposa de supprimer une partie importante (9 000 km) des voies UIC 7 à 9, c'est à dire pour l'essentiel les voies les moins circulées.

Ces propositions étaient raisonnables pour stopper la dégradation du réseau vieillissant ; avec plus de trente ans d'âge, il est deux fois plus âgé que le réseau ferroviaire belge. Ce sous-investissement dans l'entretien

du réseau, outre le fait qu'il perturbait les circulations en raison des ralentissements imposés pour des raisons de sécurité, générait une dette grise qui venait s'ajouter à une dette structurelle de 34 Mds€ qui doit être reprise par l'État à la suite de l'engagement du président de la République en 2017. Le gouvernement, face à la résistance des régions et de l'opinion, attachée au service public ferroviaire, choisit la voie de la négociation. Un partage de l'effort sera négocié avec les régions.

La modernisation du train

La modernisation du train parlait plus à cette entreprise d'ingénieurs hautement compétents qu'est la SNCF. L'électrification prit le relai de la vapeur sur les lignes structurantes et réduit les temps de parcours. L'avenir des turbines à vapeur embarquées sur les turbotrains fut compromis par les chocs pétroliers de 1973 et 1978.



Figure 2 : Le TGV modifie la perception des distances et de l'espace (Source : SNCF-RFF-AUDIA).

Les lignes à grande vitesse et les TGV constituent une avancée majeure. La prouesse technique de la grande vitesse a renouvelé l'image du ferroviaire dans notre pays. Le temps gagné a changé la perception du territoire. Les grandes villes desservies par des LGV se sont rapprochées de Paris. Le temps gagné et le confort des nouvelles rames ont conquis les clients et les élus. Le TGV est devenu le standard qui devait s'imposer, un marqueur de modernité pour les villes desservies et un outil performant de report modal.

Deux approches de l'aménagement du territoire se sont alors succédé. L'une par l'offre : c'est la loi Pasqua-Hoeffel qui prévoyait dans son article 17 qu'en 2015 « aucune partie du territoire français métropolitain continental ne sera situé à plus de cinquante kilomètres ou quarante-cinq minutes [...] d'une gare desservie par le réseau ferroviaire à grande vitesse ».

Quatre ans plus tard, la loi d'orientation durable du territoire, loi Voynet, décidait d'une approche différente : deux schémas de services collectifs des voyageurs et des marchandises s'inscrivaient dans une démarche plus sobre et proportionnée de satisfaction des besoins des populations et des différents territoires.

La loi Grenelle acta l'accélération du programme TGV. S'il ne fut pas complètement réalisé, ce fut un indéniable progrès notamment pour les grandes villes de l'Ouest desservies, Bordeaux, Nantes et Rennes.

La nécessité de construire des voies nouvelles aux caractéristiques techniques plus exigeantes, des ouvrages d'art (ponts, viaducs et tunnels), pour les trains dépassant la vitesse de 250 km/h entraîna des coûts de construction et d'exploitation élevés. Le TGV n'en reste pas moins le service ferroviaire qui équilibre le mieux ses coûts. Service librement organisé, il fixe ses tarifs de manière, notamment, à prendre en compte un important péage ferroviaire.

La commission Mobilité 21

La commission Mobilité 21 recommanda en 2013 l'arrêt de la construction des LGV pour privilégier la régénération et la modernisation du réseau. Le président de la République dans son discours de Rennes, le 1^{er} juillet 2017, fit sienne cette recommandation et y ajouta une autre priorité, les transports du quotidien. Cette priorité prit forme avec la loi du 28 décembre 2023 sur les Services express régionaux métropolitains (SERM).

Une gouvernance partagée et la fin du monopole

La modernisation du système ferroviaire se montrait insuffisante au maintien d'un service public accessible

à tous et sur tout le territoire. L'État, qui a longtemps défini et financé seul la politique ferroviaire avec la SNCF, dut prendre en compte de nouvelles contraintes et faire appel à de nouveaux partenaires.

L'Union européenne

L'Europe et le traité de Rome ont fait des transports une politique partagée entre l'Union européenne et les États, destinée à la construction d'un grand marché intérieur. En 1991, le livre blanc pour un espace européen unique des transports trace la voie pour plusieurs paquets de directives visant à l'interopérabilité des systèmes et à introduire la concurrence dans le but de réduire les coûts du transport ferroviaire pour les voyageurs et les marchandises. Aujourd'hui, le retour de la guerre en Europe conduit les membres de l'Union à initier un nouveau chapitre de la politique des transports, la mobilité militaire, qui intéresse notamment le ferroviaire. Si la France a souvent tardé à transposer les textes européens, il n'en fut pas de même pour le quatrième paquet ferroviaire de 2016, qui fut transposé dans la loi portant « pacte ferroviaire » deux ans plus tard.

L'ouverture à la concurrence, nouveau challenge pour l'opérateur historique, s'applique pour le fret comme pour les services voyageurs librement organisés (SLO) ; au 1^{er} janvier 2034, il en ira de même pour tous les TER.

La décentralisation aux régions

Les régions, compétentes en matière d'aménagement du territoire et chargées d'élaborer des documents d'orientation, les SRADDT, se virent transférer des compétences nouvelles en 2004. Le transfert des TER puis d'une partie des TET permet de rapprocher le transport ferroviaire des autorités organisatrices (AOM). Un investissement puissant pour renouveler le matériel roulant, pour participer plus tard à l'investissement pour la régénération des infrastructures et des gares, un financement de services plus nombreux, cadencés et accessibles à un public plus important d'abonnés, a redonné vie aux Trains Express Régionaux et apporté aux petites villes et aux territoires ruraux un accès plus facile à la mobilité et au ferroviaire. Ils ont renouvelé et amplifié la fréquentation de ces trains de proximité ; entre 2017 et 2023, celle-ci a progressé de 50 %. Pour les seuls Hauts-de-France, cette fréquentation a encore progressé de 16 % pour la seule année 2024. Une meilleure complémentarité des modes peut encore accentuer et augmenter le succès de ces trains modernes et confortables. Cette politique a bien sûr un coût ; en 2024, la participation des régions au financement des TER s'est montée à 5,5 Mds€. La mobilité représente 40 % du budget des régions et en constitue la première dépense devant les lycées. 8 000 trains par jour transportent 1,1 million de voyageurs hors Île-de-France. La qualité de la desserte et un maillage serré du territoire régional contribuent au déplacement de tous types de population, notamment les scolaires, les salariés mais aussi des voyageurs occasionnels de plus en plus nombreux.

Tableau : L'offre TER ferroviaire et le trafic passagers en 2019 et en 2023 en France
 (Source : Rapport sur les transports express régionaux à l'heure de l'ouverture à la concurrence – rapport de suivi, exercices 2019-2023, Cour des comptes, 10 avril 2024).

	Millions de passagers annuels	Millions de trains.km	Capacité d'emport (millions de sièges.km)	Millions de voyageurs.km
2019	303,2	170,7	56,1	15 221
2023	378,1	189,1	65,5	20 597
Évolution	+ 24,7 %	+ 10,8 %	+ 16,8 %	+ 35,3 %

La commission sur les grandes lignes, les Trains d'Équilibre des Territoires (TET) et les trains de nuit, dressa en 2015 un constat d'une autre nature. Des lignes vétustes, des matériels à bout de souffle entraînaient un déficit croissant pour l'État, autorité organisatrice, et un service dégradé provoquant l'exaspération des clients, « les naufragés du rail » comme se nommaient eux-mêmes les usagers de la ligne Marseille – Nice. L'audit réalisé par le cabinet britannique Atkins mit en avant le potentiel indéniable de certaines lignes qui pouvaient devenir des centres de profit. Sur les recommandations de la commission, l'État concentra ses moyens sur les lignes les plus longues, les plus stratégiques, Nantes – Lyon, Paris – Clermont, Paris – Toulouse ; l'État répondait en cela à sa mission d'aménagement et de désenclavement des territoires. La réorganisation des lignes redondantes avec celles des TER, incita au

transfert aux régions des lignes les plus courtes. Là où l'effort a été réalisé, le résultat est au rendez-vous. La Normandie fut la première région à conclure avec l'État la reprise de cinq lignes d'aménagement du territoire. La souffle de 700 M€ apportée par l'État, permit de financer le remplacement du matériel vétuste. Le succès d'une ligne comme Paris – Cherbourg a montré la pertinence du diagnostic et de la réorganisation mise en œuvre.

En Île-de-France, les trains et les RER d'Île-de-France Mobilités assurent le *mass transit* d'une région capitale dans des conditions qui s'améliorent d'année en année. Le gain de la décentralisation est double : il rapproche les décideurs des usagers et prend mieux en compte les besoins des territoires.

Gagnant en expertise et en expérience, les régions ont su négocier plus efficacement avec l'opérateur histo-



Figure 3 : Ouverture à la concurrence : la région Sud choisit Transdev pour exploiter la ligne Marseille – Nice depuis le 30 juin 2025 (Source : Transdev).

Les acteurs du ferroviaire face aux enjeux environnementaux

rique, n'hésitant pas à ouvrir une partie de leur réseau à la concurrence. L'exploitation de la ligne Marseille – Nice par Transdev sera observée avec beaucoup d'intérêt par les régions comme par les clients.

Ce train de réformes prend aujourd'hui en compte l'annonce du président de la République de développer des RER métropolitains, les SERM. L'objectif est d'élargir le périmètre des transports en commun urbains qui progressaient peu malgré des investissements importants, au grand périurbain et à ses habitants. Vingt-quatre agglomérations vont devoir articuler au mieux les différents modes autour du ferroviaire. C'est une nouvelle chance donnée à certaines lignes d'intérêt local. Cette innovation appelle à la codécision entre régions et métropoles. La Nouvelle-Aquitaine et la métropole Bordelaise, la région Grand Est et Strasbourg, ont montré leur intérêt pour cette nouvelle approche territoriale et sa structuration des mobilités. Les intercommunalités qui ont pris la compétence AOM prévue par la loi d'orientation des mobilités (LOM) et créé des syndicats mixtes entre elles pourront s'associer aux métropoles dans un SERM.

2018 : « Mobilités du quotidien : répondre aux urgences et préparer l'avenir », rapport du Conseil d'orientation des infrastructures, sous la présidence de Philippe Duron.

2018 : « L'avenir du Transport ferroviaire », rapport au Premier ministre, Jean-Cyril Spinetta.

2018 : Loi pour un nouveau pacte ferroviaire.

2019 : Loi d'orientation des mobilités.

2020 : « Petites lignes ferroviaires – des plans d'action régionaux », rapport de François Philizot.

2020 : « Petites lignes ferroviaires en Europe », Bulletin #2 de l'OPSTE.

2021 : « Le modèle économique des transports collectifs », rapport de Philippe Duron au ministre des Transports.

2023 : « Les Chemins de fer en Europe : un chemin de fer pour l'Europe ? », Bulletin #10 de l'Observatoire des politiques et stratégies de transport en Europe.

Conclusion

Le ferroviaire a su, dans son histoire relever avec succès de nombreux défis.

Ce qui sera déterminant à l'avenir, c'est bien sûr l'obligation de résultats qu'impose au système ferroviaire la transition énergétique et les objectifs fixés par l'Union européenne. Face à ces enjeux nouveaux, les responsables politiques devront faire face à des besoins de financement conséquents. Ils ont été évalués par l'ancienne Première ministre Elisabeth Borne et le président de la SNCF, Jean-Pierre Farandou à 100 Mds€. La conférence de financement « Ambition France Transports » était à ce titre nécessaire, souhaitons que la mise en œuvre de ses propositions comme de la poursuite des réflexions qui demandent encore à aboutir ne nous déçoive pas.

Quelques repères chronologiques et bibliographiques

François Caron, *Histoire des chemins de fer en France*, 3 tomes, Fayard 2005.

LOADT du 4 février 1995 (loi Pasqua, rapport Hoeffel).

LOADDT du 25 juin 1999 (loi Voynet).

1997 : Création de RFF (Réseau Ferré de France).

2005 : « Audit sur l'état du réseau ferré national français », rapport Rivier-Putallaz, École fédérale polytechnique de Lausanne.

2013 : « Pour un schéma national de mobilité durable », rapport de la Commission Mobilité 21, sous la présidence de Philippe Duron.

2015 : « TET : agir pour l'avenir », rapport de la commission TET d'avenir, présidée par Philippe Duron.

2016 : 4^e paquet ferroviaire européen.

2017 : « Discours du président de la République à Rennes lors de l'inauguration des LGV Tours-Bordeaux et Tours-Rennes ».

Le ferroviaire comme système

Le ferroviaire au service de l'écologie : la SNCF à l'avant-garde d'une mobilité durable

Par Muriel SIGNORET

Directrice RSE du groupe SNCF et administratrice de SNCF Gares & Connexions

Dix ans après les Accords de Paris, la transition écologique n'est plus un idéal, mais une urgence. En France, les transports sont le premier émetteur de gaz à effet de serre, et le seul secteur dont les émissions continuent de croître. Du fait de sa performance environnementale, le train constitue un levier immédiat de décarbonation et doit continuer à se développer grâce aux investissements consentis dans le réseau ferré. Au-delà de son atout écologique, le rail porte aussi une ambition industrielle et constitue une puissance économique et un moteur d'innovation pour le pays. Avec plus de 15 Mds€ d'achats réalisés dans tous les territoires en 2024, la SNCF renforce son ancrage territorial et soutient l'emploi directement – en étant le premier recruteur en France – et indirectement.

Tout en amplifiant son impact positif sur la société et les territoires, le groupe entend aussi réduire son empreinte environnementale. Décarbonation de ses activités, développement de l'économie circulaire et préservation de la biodiversité sont ses priorités.

Le ferroviaire incarne ainsi une écologie concrète, juste et fédératrice, qui conjugue innovation, solidarité et souveraineté.

Dix ans après les Accords de Paris, la transition écologique n'est plus un horizon souhaitable, mais une nécessité pressante. Le secteur des transports, premier émetteur de gaz à effet de serre en France, en est la clef de voûte et doit dès lors concilier exigences environnementales, besoins de mobilité, cohésion territoriale et contraintes économiques. Dans ce contexte, le ferroviaire, un temps cantonné à un rôle de service public ou à la performance du TGV, réémerge aujourd'hui comme une solution stratégique de premier plan.

Moins d'émissions, moins de consommation d'énergie, moins d'emprise au sol, le train incarne ainsi une sobriété moderne et conquérante, capable de répondre aux urgences climatiques tout en offrant une alternative crédible à la route ou à l'avion sur de nombreuses distances.

Pour accompagner cette dynamique, la stratégie RSE du groupe SNCF structure son action autour de deux boussoles : réduire son empreinte environnementale, en agissant sur ses émissions, sa consommation de ressources et ses pratiques industrielles ; et accroître son impact positif sur la société et les territoires, en garantissant l'accès à une mobilité solidaire et durable. Ces deux axes, loin d'être parallèles, se combinent pour faire du ferroviaire plus qu'un mode de trans-

port, un outil de transformation sociale, industrielle et écologique.

Un levier immédiat pour décarboner les mobilités

Le secteur des transports représente aujourd'hui le premier poste d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en France. En 2023, il pesait à lui seul 34 % des émissions nationales¹, soit davantage que les secteurs du bâtiment, de l'agriculture ou encore de l'industrie. Pire, c'est le seul secteur qui voit ses émissions augmenter en continu depuis 30 ans ! Cette situation alarmante s'explique essentiellement par la prépondérance de la route dans nos systèmes de mobilité : voitures individuelles, camions, autocars assurent plus de 85 % des déplacements de voyageurs et de marchandises, et constituent, du fait de leur dépendance aux énergies fossiles, un vecteur majeur de pollution atmosphérique et de contribution au dérèglement climatique.

¹ Source : Ministères Aménagement du Territoire et Transition écologique - Data Lab - Chiffres clés des transports - Édition 2025.

À l'inverse, le ferroviaire affiche une performance environnementale remarquable. Il ne représente que 0,3 % des émissions de GES, pour environ 10 % des volumes transportés. Cette efficacité repose notamment sur l'électrification massive du réseau français, alimenté par une électricité décarbonée, ainsi que sur des taux d'occupation élevés et une faible consommation d'espace.

Un tel écart rend l'enjeu évident : pour atteindre les objectifs climatiques fixés par la France et l'Europe – notamment la neutralité carbone à l'horizon 2050 – il est impératif de reporter une partie du trafic de la route vers le rail, en doublant la part de marché du ferroviaire². Ce que les experts appellent le report modal constitue le premier levier à activer, car il repose sur des solutions déjà opérationnelles, éprouvées et bien acceptées par la population.

L'impact est indéniable : un trajet en train émet entre 70 et 90 % moins de CO₂ qu'un trajet équivalent en voiture thermique. Un train de fret génère neuf fois moins d'émissions qu'un camion, tout en consommant six fois moins d'énergie pour le même tonnage transporté.

Et au-delà du climat, cette transition contribue à désaturer les routes et autoroutes, à réduire les nuisances locales (bruit, pollution de l'air) et à améliorer la sécurité des déplacements. Le ferroviaire, déjà compétitif sur les longues distances, doit jouer un rôle renforcé sur les trajets du quotidien – domicile-travail, loisirs, études – pour peu qu'une offre adaptée, accessible et fiable soit proposée.

S'adapter pour faire plus de trains

Cet objectif ambitieux d'augmentation de la part de marché du ferroviaire repose sur trois conditions : développer l'offre, adapter les infrastructures et les services, y compris au dérèglement climatique, et soutenir les investissements dans le réseau ferroviaire.

Dans les métropoles, les Services Express Régionaux Métropolitains (SERM) viennent offrir une alternative crédible à la voiture : plus de fréquence, plus de régularité, plus de confort. Labellisés dans 24 bassins de vie, les SERM répondent à une logique d'intermodalité, avec des correspondances facilitées avec les bus, les tramways, les vélos pour construire un écosystème cohérent de mobilités.

Dans les territoires moins denses, le développement de trains légers, innovants et frugaux – tels que Flexy, Draisys ou Telli – permet d'assurer une desserte fine des zones rurales, souvent privées de toute alternative à la voiture individuelle. Ces innovations, portées par la SNCF avec des partenaires industriels français, ouvrent la voie à un modèle ferroviaire plus souple, plus agile, plus inclusif.

Cette montée en puissance ne pourra toutefois réussir sans un investissement massif dans notre réseau ferroviaire, le deuxième plus grand d'Europe mais aussi l'un de ceux dont la moyenne d'âge est la plus élevée ! Il a besoin de plus de régénération et de plus de modernisation car dans son état actuel, le réseau ferroviaire français peut difficilement absorber une augmentation de trafic.

Ces travaux permettront aussi de prendre en compte le changement climatique qui préoccupe l'ensemble des entités du groupe, soucieuses de protéger leurs infrastructures en plein air, les agents qui les entretiennent, préserver le confort des voyageurs et continuer à rendre un service fiable et attractif pour tous les clients. Pour la seule année 2024, 18 000 heures de retard et la suppression de 15 000 trains sont imputables aux aléas climatiques ! Il y a fort à parier que ces statistiques vont s'alourdir et que le coût de l'inaction sera bien vite supérieur aux investissements nécessaires pour parer et anticiper le changement climatique. Chaque société du groupe SNCF a bien sûr commencé à bâtir un plan d'action à partir des vulnérabilités et risques identifiés, comme le retrait ou gonflement des argiles, les inondations ou encore la sécheresse. La ressource en eau, nécessaire au fonctionnement du ferroviaire, fait d'ailleurs l'objet d'une vigilance particulière et d'un engagement précis : réduire de - 25 % la consommation sur nos 100 sites les plus consommateurs d'ici 2035.

Une dynamique industrielle et sociale au cœur de la transition

Derrière le développement du train, il y a aussi une ambition industrielle. Le ferroviaire, au-delà de sa dimension écologique, constitue une puissance économique et un moteur d'innovation. Et le groupe SNCF joue un rôle déterminant dans l'animation des filières : matériel roulant, signalisation, infrastructures, numérique industriel, énergie, logistique. Il s'appuie sur un écosystème de fournisseurs dense, maillé et enraciné dans les territoires, avec plus de 15 milliards d'euros d'achats en 2024 en France, dont 97 % réalisés auprès d'entreprises françaises. Ce chiffre témoigne d'un ancrage fort, porteur de souveraineté industrielle et d'emplois non délocalisables.

La SNCF favorise également l'émergence de filières industrielles nouvelles, notamment dans les énergies renouvelables (panneaux photovoltaïques), l'économie circulaire (recyclage des rails, du ballast ou des tenues professionnelles), ou encore la digitalisation et l'intelligence artificielle (maintenance prédictive, géolocalisation par satellite, etc.). Le ferroviaire devient ainsi un laboratoire technologique de la transition écologique, mobilisant l'innovation au service d'un bien commun.

En intégrant dans ses appels d'offres des critères sociaux et environnementaux à hauteur de 20 %, auxquels s'ajoute une note carbone à 5 %, et en augmentant ses dépenses auprès de l'économie sociale et solidaire, la SNCF fait de sa puissance d'achat un

² « Fer contre carbone. Doubler la part du train pour une vraie transition climatique » de Jean-Pierre Farandou, Fondation Jean Jaurès.

instrument de transformation de son écosystème. Elle incarne ainsi une économie du rail solidaire, capable d'articuler compétitivité, responsabilité et inclusion.

Car au-delà de la technique, le groupe SNCF met l'humain au cœur de son action. Premier employeur de France, il a recruté 18 500 personnes en CDI en 2024, répartis sur l'ensemble du territoire. Ces emplois couvrent 150 métiers, allant de la conduite à l'ingénierie système, du pilotage de projet à la médiation en gare. Ces métiers, souvent méconnus, ont en commun d'être à la fois utiles, stables et porteurs de sens. Ils participent directement à la transition climatique, à la cohésion sociale et à la continuité d'une mission d'utilité publique.

Une écologie intégrée à l'ensemble des activités

Au-delà de son impact positif, qu'elle entend maximiser, la SNCF est soucieuse de réduire son empreinte environnementale. Sa stratégie en la matière repose sur trois piliers : décarboner ses activités, développer l'économie circulaire et préserver la biodiversité.

Sur le plan de la décarbonation, l'objectif est ambitieux : - 30 % d'émissions de gaz à effet de serre liées au transport en France et - 50 % pour les bâtiments d'ici 2030 par rapport à 2015. Fin 2024, près de la moitié du chemin était déjà parcouru. En outre, le groupe s'engage auprès de SBTi sur une ambition encore renforcée, visant à limiter le réchauffement à 1,5°C.

Biocarburants, TER hybrides, à batteries ou à hydrogène : le verdissement du parc de TER, conduit en partenariat avec les Régions, est l'un des principaux leviers de décarbonation des trains, tout comme la généralisation de l'écoconduite et de l'éco-stationnement, gage d'économies d'énergie. Appliquée à tous les trains, l'écoconduite permettrait d'économiser la consommation électrique d'une ville de 120 000 habitants comme Besançon ! Quant au nouveau TGV Inoui, il a été conçu pour consommer entre 20 et 25 % d'énergie en moins, grâce notamment à son nez aérodynamique.

En tant que premier consommateur industriel d'électricité de France, le développement des énergies renouvelables est stratégique pour notre groupe. Avec la création de SNCF Renouvelables, fin 2023, le groupe SNCF entend sécuriser son approvisionnement en devenant producteur d'électricité photovoltaïque sur ses fonciers disponibles. Objectif : 1 000 hectares de panneaux photovoltaïques déployés d'ici 2035, couvrant jusqu'à 20 % de des besoins en électricité du groupe ferroviaire.

L'économie circulaire est également une préoccupation écologique et économique majeure pour le groupe. Aujourd'hui, 100 % des rails sont recyclés ou réemployés et 375 000 tonnes de ballast ont été valorisées en 2024, évitant ainsi l'ouverture d'une nouvelle carrière et les impacts environnementaux qui en auraient découlé. Le matériel n'est pas en reste avec un objectif de traiter 12 000 engins par des filières de réemploi d'ici 2030. De même, les tenues professionnelles et les équipements informatiques ou de téléphonie sont reva-

lorisés ou bénéficient d'une seconde vie grâce à des partenariats qui peuvent faire émerger de nouvelles filières industrielles dans les territoires.

Troisième priorité pour réduire l'empreinte environnementale : la préservation de la biodiversité. La SNCF a pris l'initiative d'arrêter l'utilisation du glyphosate fin 2021 et adapte depuis ses pratiques. Cette décision vertueuse a un coût pour l'entreprise, qu'elle assume, même si les nouveaux trains désherbeurs à détection ciblée et les produits de biocontrôle ne sont pas aussi efficaces, dans un contexte où la végétation nécessite davantage de traitement compte tenu du changement climatique. S'agissant de la faune, des effaroucheurs sont testés pour éviter les heurts d'animaux tandis que la continuité écologique terrestre et aquatique est restaurée.

Le train, acteur des territoires et du lien social

Le train n'est pas qu'un moyen de transport. C'est une infrastructure humaine. Un vecteur de lien social. Un outil de structuration des territoires. C'est cette conviction qu'exprime Jean-Pierre Farandou dans *Le fer avec les territoires*, lorsqu'il rappelle que le train « coud le tissu du territoire ».

Dans une France marquée par des fractures territoriales – sociales, économiques, numériques, démographiques – le maintien et le développement du réseau ferroviaire est une réponse concrète à la demande de justice spatiale.

Le train relie les villes aux campagnes, les petites communes aux métropoles, les bassins de vie aux centres décisionnels, les individus à leurs proches, à leurs soins, à leur travail ou à leurs loisirs. Il permet d'attirer de nouveaux habitants, de stimuler le tourisme durable, et d'offrir des alternatives aux déplacements carbonés. Il est un atout pour les territoires ruraux comme pour les zones périurbaines, pour les régions frontalières comme pour les vallées isolées. La diversité des services (TGV, TER, Intercités, trains de nuit, fret) permet de répondre à des usages complémentaires, chacun contribuant à redessiner une carte de France plus équitable et résiliente.

Aujourd'hui, plus de 3 000 gares et points d'arrêt, 15 000 trains quotidiens, 5 millions de voyageurs chaque jour et 250 000 tonnes de marchandises transportées témoignent de cette présence concrète sur le terrain. Et demain, avec les trains légers innovants, les Services Express Régionaux Métropolitains (SERM), les services multimodaux, ce rôle d'intégrateur territorial ne fera que s'amplifier.

Soutenir le ferroviaire, c'est donc investir dans un projet de société. C'est refuser l'abandon. C'est choisir de maintenir la mobilité comme bien commun, en dehors de la seule logique de rentabilité. C'est faire du train un levier de citoyenneté, de démocratie et d'égalité des chances.

Conclusion : une écologie utile, concrète et fédératrice

Le ferroviaire n'est pas une solution parmi d'autres. Il est la solution de transport immédiatement mobilisable, techniquement éprouvée et collectivement désirable. Dans un monde confronté à la montée des périls climatiques, aux tensions énergétiques, aux fractures territoriales et à la quête de sens, le train coche toutes les cases : écologique, économique, équitable, structurant.

Mais pour qu'il tienne ce rôle, il doit être perçu comme un levier de stratégie nationale, au croisement des politiques de transition énergétique, d'aménagement du territoire, de revitalisation industrielle et de justice sociale.

Loin d'être un luxe ou un héritage du passé, le rail est une nécessité. Il appelle des choix forts : investissements massifs, vision d'ensemble, coopération entre acteurs publics et privés, évaluation systémique de ses co-bénéfices. À l'échelle européenne, il peut devenir un symbole de coopération climatique ; à l'échelle locale, un facteur de réconciliation entre les citoyens et les institutions. Il est en somme porteur d'un projet de société qui transcende la seule mobilité.

Construire des projets de territoire autour d'un service ferroviaire régional certes écologique, mais surtout utile

Par Bruno MEIGNIEN et Sophie CARIOU

Cerema

Le ferroviaire doit être utile aux territoires qu'il traverse ; l'impact environnemental réduit n'est qu'une condition *sine qua non* (par exemple, des nuisances sonores minimales pour les riverains) autant qu'un corollaire avantageux. Les priorités de la stratégie ferroviaire régionale doivent d'abord répondre au potentiel du train, transport de masse, et à sa capacité à structurer ou non le territoire.

Sur la base de ce potentiel, deux clés permettent de réussir des projets de territoire autour du train : une bonne gouvernance, autrement dit mettre les bonnes personnes autour de la table, c'est-à-dire des personnes ayant une vision globale sur un périmètre géographique assez restreint, tant côté territorial (autorité organisatrice) que technique (exploitant) ; et un système dimensionné au juste besoin, qui exploite le potentiel technique au coût optimal, pour répondre au potentiel de fréquentation identifié : les principaux leviers de cette équation à trois termes (demande, offre, coût) sont – comme pour tout système industriel – le cadencement et l'accélération du service.

Le train, souvent mis en avant pour son impact carbone avantageux¹, doit d'abord apporter un service aux voyageurs et aux territoires qu'il a vocation à structurer. L'impact environnemental réduit est certes une nécessité, mais n'est qu'un volet de son utilité pour la société. Rappelons que le train est par nature un système de transport de masse, avec une frugalité dans sa consommation d'espace qui permet d'organiser le territoire autour de polarités où l'on peut concentrer les habitations et activités tout en maintenant un cadre de vie agréable, la voirie pouvant être partiellement rendue à d'autres activités que l'automobile. Ce schéma n'est possible qu'à partir d'un certain seuil, c'est le revers de cette caractéristique essentielle « transport de masse », même si le ferroviaire sait s'adapter dans une certaine mesure au volume de déplacements à assurer, en témoignent les projets de trains légers et très légers pour les petites lignes.

L'évaluation du potentiel est primordiale, en combinant les aspects territoriaux, techniques et économiques. Autrement dit : compte tenu du nombre de déplacements captables par le train sur un corridor et des caractéristiques de la ligne, le service doit être assez performant et attractif pour intéresser suffisamment de voyageurs et justifier le coût dudit service. Cette équation à trois termes fait l'objet de nombreux travaux et outils du Cerema (cf. Encadré 2).

Priorité doit être donnée aux lignes à même de structurer le territoire autour des gares, c'est-à-dire où l'ensemble du système de mobilités est de nature à inciter les habitants et activités à se concentrer dans les quartiers de gare, de même que cela se fait naturellement en Île-de-France et de plus en plus dans les métropoles. Si, à l'inverse, les projets se font autour des seuls axes et nœuds routiers et que les acteurs du territoire (habitants, élus, entreprises, etc.) ne sont pas convaincus qu'une dynamique immobilière puisse s'enclencher avec le train, la pertinence du ferroviaire doit être questionnée.

L'organisation des acteurs, ou « gouvernance », pour réussir des projets de territoires autour du train doit associer plus étroitement qu'aujourd'hui les autorités organisatrices du système ferroviaire (régions et État), les exploitants, et les collectivités locales : communautés de communes et métropoles, et en particulier les autorités organisatrices de la mobilité au niveau local.

¹ L'impact carbone du train n'est par ailleurs qu'une pierre à l'édi-
fice de celui des mobilités, compte tenu de parts modales limitées, même dans les pays les plus avancés (il représente 23 à 25 % des km parcourus en Suisse, par exemple, d'après le directeur de la stratégie des CFF en 2024). Pour un réel impact sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité, favoriser le train ne dispense pas d'une réflexion globale sur les mobilités : réduction des distances, urbanisme compact et polarisé, contraintes sur l'automobile, place donnée aux piétons et vélos et à l'intermodalité, électrification du parc routier, etc.

Ces dernières, encore trop peu intégrées à la définition du service, sont directement concernées par les gares et leur lien avec la ville (aménagements urbains et services à proximité des gares, rabattements en bus, à vélo, à pied, en voiture), mais aussi la politique de réduction des flux automobiles et de contrainte sur le stationnement dans la ville-centre.

Mettre les bonnes personnes autour de la table est la seule façon de faire se rencontrer ces enjeux territoriaux avec les possibilités offertes par le ferroviaire. Cela suppose en particulier que ces personnes disposent d'une vision globale sur un périmètre géographique limité, car les nécessités de la concurrence ont conduit à l'inverse à apprêhender le système ferroviaire en missions et acteurs séparés (SNCF Réseau, Gares et Connexions, exploitant des trains régionaux, exploitants des autres trains) sur des périmètres géographiques larges.

Face à une demande croissante², le service doit être optimisé et amélioré. Deux phases en découlent : à court terme, optimiser les moyens actuels, ou « mieux ranger les livres dans l'armoire » comme aiment à le dire nos voisins suisses, c'est-à-dire essentiellement cadencer les circulations (circulations de trains identiques et régulières tout au long de la journée, tous les jours) ; et à moyen terme, préparer l'amélioration du système technique pour qu'il réponde à l'objectif stratégique, en dimensionnant sa capacité au juste besoin (fréquence et vitesse) selon les axes et les territoires. Ce dimensionnement stratégique est fondamental, du fait des coûts fixes inhérents au ferroviaire, mais aussi des paliers dans ces coûts fixes, qui varient d'un facteur 10 entre les lignes les plus petites (voies uniques non électrifiées, avec peu d'aiguillages et peu rapides) et les plus grandes.

Le bénéfice environnemental du train ne pourra s'exprimer pleinement qu'à ces deux conditions : élaboration de projets de territoires, optimisation du système technique. Les réunir passe par une meilleure appréciation du potentiel, une approche réaliste et ambitieuse des possibilités techniques, et des retours d'expérience sur les territoires où le ferroviaire a su être utilisé dans une dynamique plus large. La réouverture de la ligne Merano – Malles en Italie en 2005, fait partie des modèles du genre : une vallée entière a su se mobiliser pour faire revenir le train en grande pompe, avec aujourd'hui presque 3 millions d'usagers par an (la ligne avait fermé en 1990 faute de voyageurs), mais aussi un urbanisme concentré autour des gares, un tourisme basé sur le train et une route qui n'a pas été élargie.

Les ingrédients du cocktail de la réussite ? une réelle adaptation au contexte, mais surtout un binôme fort entre territoire et services de mobilité :

- Côté territoire : forte implication locale³ autant des habitants que des élus et institutions, y compris dans la gestion de la ligne mais aussi des gares⁴, prise en compte des évolutions du territoire depuis l'époque de création de la ligne, vision long terme et ambition stratégique en cohérence avec le train pour ce même territoire : notamment à travers les documents d'urbanisme, l'offre cyclable et piétonne globale, la politique de contrainte du stationnement dans la ville-centre et l'intégration des services institutionnels routiers dans le projet.
- Côté service : offre ferroviaire fréquente, rapide et cadencée (des trains toute la journée, tous les jours) préfigurée par une offre d'autocars préalable de qualité si la ligne était fermée ; exploitation de la ligne par des entités⁵ locales bien identifiées, en bonne coordination avec les exploitants des autres modes de transport (correspondances avec les trains grandes lignes / autocars / transports urbains) ; attention portée aux cheminements piétons et vélos pour rejoindre les gares et aux « détails » de l'intermodalité (correspondance train-car quai à quai, par exemple) ; tarifications intégrées ; communication sur l'offre, y compris pour les touristes (par exemple, le pass mobilité offert dans deux tiers des hôtels sur Merano – Malles).

² Par exemple, + 23 % entre 2019 et 2023 sur 1 300 gares typées « petite ligne », pour seulement + 6 % d'offre (nombre d'arrêts en gare).

³ Dans le cas de Merano – Malles : évènements organisés par les habitants autour du train, reprise de la ligne par la Province de Bolzano (échelon administratif de portée géographique intermédiaire entre les départements et régions français), exploitation de l'infrastructure par une société publique locale, exploitation des trains et des cars de la province par une autre société publique locale.

⁴ Cf. programme « Adopt a station » qui a fait ses preuves en Écosse, en associant les habitants à la bonne tenue, l'animation et plus généralement le dynamisme autour des gares.

⁵ Par « entité », on entend une société dédiée aussi bien qu'une structure interne d'un grand exploitant comme la SNCF : cf. l'établissement multi-fonctionnel Mont-Blanc, émanation de la SNCF qui exploite la ligne Saint-Gervais – Vallorcine.

Encadré 1 :
Quel potentiel de fréquentation et d'amélioration
du service sur les lignes régionales françaises ?

Combien de clients dans les trains ?

La question de fond qui se pose à chaque réflexion sur l'avenir d'une ligne est de savoir combien de voyageurs sont susceptibles d'emprunter le service, et par conséquent si l'investissement nécessaire à l'amélioration du service se justifie. Or, les modélisations sont coûteuses et pas toujours adaptées. Évaluer le potentiel par le biais de simples élasticités^a est une possibilité faute de mieux, mais cela n'est pas adapté à une vraie rupture dans le service. Les retours d'expérience, notamment à l'étranger, montrent des effets de seuil importants, qui rendent caduques les élasticités, surtout quand la part modale initiale est très basse. Autrement dit, si le train était « hors-jeu » et devient une vraie alternative, l'effet peut être bien plus fort que les élasticités habituellement considérées, car il y a un changement dans les habitudes modales, qui sont lourdes à modifier : se séparer d'une voiture implique d'avoir une offre crédible avec le train et ses rabattements, pour l'ensemble de ses déplacements habituels et exceptionnels.

La question est plutôt de savoir quel est le « gâteau » à se partager entre les différents modes de transport. Une première approche est celle développée dans Géofer (<https://geofer.cerema.fr>), cartographie interactive du potentiel des gares, qui donne pour chacune d'elle le nombre d'habitants, d'emplois, de places scolaires, de services et de chambres touristiques à proximité. Néanmoins, la vision est statique, ces données ne permettent pas de savoir d'où viennent et où vont les gens.

Une autre façon d'appréhender les choses est de partir des flux domicile-travail et domicile-études, bien connus et disponibles pour l'ensemble des communes de France (bases Mobpro et Mobsco de l'Insee). Même si des redressements sont effectués par l'Insee pour obtenir une base complète, les flux principaux y sont bien identifiés. En revanche, cette base ne dit rien des flux occasionnels, liés aux services, aux visites de proches, aux loisirs ou au tourisme. Il n'existe pas de base nationale pour ces déplacements « non pendulaires ».

Dans le cadre du projet TELLI (Train Léger Innovant), le Cerema a réalisé des analyses sur un panel de 9 corridors de petites lignes pour lesquels existe une Enquête Mobilité « Certifiée Cerema » (EMC²), en isolant les déplacements à plus de 10 km dont l'origine et la destination sont à moins de 10 minutes en voiture de gares différentes de la ligne, considérés comme compatibles avec le train. Il en ressort d'une part la confirmation s'il le fallait que les gens se déplacent toute la journée et non pas seulement lors des pointes, et, d'autre part, que les déplacements pour motifs « non pendulaires » sont plus nombreux que les déplacements pendulaires (pendulaires : en lien avec le travail ou les études). En première approche, un ratio de 1,23 peut être appliqué au nombre de déplacements domicile-travail de la base Mobpro pour obtenir le flux de déplacements « autres/loisirs » sur une origine-destination, hors tourisme (ce ratio varie d'une étude de cas à l'autre : entre 0,98 et 1,38).

La méthode de calcul du potentiel tous motifs de déplacements confondus est en cours d'amélioration afin de limiter ses biais ; l'objectif étant de comparer le potentiel obtenu gare par gare pour chaque ligne, avec les fréquentations réelles. Une faible fréquentation relativement au nombre de déplacements compatibles dénote *a priori* un fort potentiel d'augmentation du trafic dans cette gare, et *vice versa*. Sur le panel des 9 études de cas, dans la version actuelle de la méthode de calcul, la plupart (56 %) des gares de type « c »^b captent moins de 10 % de leur potentiel.

Doubler l'offre TER à coût constant : cadencer, accélérer, mailler

Les parts modales actuelles du TER, très faibles comme le rappellent les calculs ci-avant présentés, laissent présager d'un potentiel important, face auquel il faut engager une offre bien plus consistante. Or, les investissements ferroviaires étant coûteux, une réflexion en deux étapes est plus que jamais d'actualité : la première à investissement minimal à horizon 3-5 ans, pendant qu'on étudie dans le même temps une seconde phase plus ambitieuse, qui sera prête à être engagée si la première rencontre son public.

Cette première étape autoriserait déjà de fortes hausses d'offre pour la plupart des lignes TER, en lissant l'offre sur la journée, sur un simple constat : si les trains passent en heure de pointe avec la

capacité actuelle du réseau, ils peuvent aussi passer en heure creuse^o. Il suffit d'activer les sillons (créneaux de passage) de la trame cadencée que le gestionnaire du réseau rend disponibles et qui ne sont aujourd'hui que fort peu utilisés en heure creuse. La dépense supplémentaire est alors peu significative par rapport aux coûts fixes qui ont déjà été engagés : entretien de l'infrastructure, achat des trains, ouverture des gares, aiguilleurs, conducteurs et contrôleurs (qui, sur une seule pointe limitée dans le temps, ne remplissent qu'une petite partie de leur journée de conduite potentielle), etc. Seuls s'ajoutent le coût de l'entretien variable et de l'énergie.

Le modèle du coût du Cerema, CouFer, montre sur quelques dizaines de lignes que l'offre peut être doublée, et parfois plus, à contribution publique constante : les recettes liées aux nouveaux voyageurs escomptés couvrant généralement les faibles coûts additionnels. Cela est, par ailleurs, cohérent avec les récents appels d'offres en région Paca, notamment sur Marseille – Nice où la nouvelle offre est deux fois plus importante, avec le même nombre de rames, et doit parvenir au petit équilibre grâce au doublement attendu de la fréquentation et des recettes associées.

Un second levier consiste en l'accélération des trains : en vitesse maximale sur certaines lignes où le tracé autorise des relèvements de vitesse, mais surtout en supprimant les zones de faible vitesse et temps morts : ralentissements, passages d'aiguillages peu rapides, signalisation inadaptée, horaires des trains non adaptés (attente du train d'en face dans la gare de croisement d'une voie unique, attente trop longue aux terminus avant de repartir dans l'autre sens).

En résumé, la productivité des moyens en km/an n'est qu'une simple multiplication des termes km/h (rapidité globale du service, temps morts minimaux) et h/an (cadencement des circulations = trains qui font des allers-retours toute la journée sur la ligne).

Notons au passage que ces deux leviers sont aussi bons pour la productivité que pour l'attractivité du service. Également, la rapidité des trains omnibus (performances d'accélération, freinage et temps d'arrêt du matériel roulant) est une solution peu coûteuse à la nécessaire augmentation de capacité dans les nœuds du réseau, en permettant aux trains rapides de se rapprocher un peu des trains lents.

Le maillage en revanche, condition *sine qua non* de l'attractivité ferroviaire (correspondances autant avec les autres trains régionaux que grandes lignes ou transports urbains), est une source d'attractivité mais aussi de surcoût, comme le montre l'exemple suisse (gares agrandies et trains ralenti pour permettre les fameux « rendez-vous »). Une solution peu coûteuse consiste à prioriser les correspondances les plus empruntées, et plus généralement à augmenter les fréquences dans la mesure du possible : plus besoin de rendez-vous lorsque les fréquences sont importantes des deux côtés, c'est-à-dire dans le sens aller comme retour.

^a L'élasticité traduit la réponse de la demande à l'offre : par exemple, une élasticité de 0,7 à la fréquence signifie que si l'offre augmente de 1 %, la fréquentation augmentera de 0,7 %.

^b Les gares françaises sont actuellement classées en trois catégories par le gestionnaire des gares : a (principales), b (moyennes), c (petites).

^c En réalité, le passage de certains trains de fret et grandes lignes tel que conçu dans les graphiques horaires actuels réduit les fenêtres disponibles en heures creuses, dans certaines régions et en particulier dans les nœuds. De même les plages de surveillance de l'infrastructure en journée (ex-« blancs-travaux ») peuvent réduire la capacité disponible. Il n'empêche que des créneaux de passage standardisés sont disponibles dans de nombreux cas, sans toucher aux autres circulations de trains.

Encadré 2 :**Participation du Cerema à un système ferroviaire aux impacts écologiques minimaux : l'exemple des nuisances sonores****Les acteurs du ferroviaire face aux nuisances sonores**

La directive européenne 2002/49/CE, parue le 25 juin 2002, également appelée directive « Bruit », vise à établir une approche commune destinée à éviter, prévenir ou réduire l'exposition au bruit dans l'environnement.

Cette directive européenne identifie que les voies ferroviaires supportant un trafic supérieur à 30 000 trains par an provoquent une forte exposition au bruit à leur abord. En parallèle, dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, le bruit considéré par la directive est celui dû aux transports ferrés, routiers, aériens, mais aussi aux activités industrielles.

Pour la quatrième échéance de 2022, le Cerema a cartographié les 6 000 km de voies ferroviaires à partir des données transmises par les gestionnaires de voies, en mettant en œuvre la méthode européenne harmonisée CNOSSOS. Pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, les cartes de bruit stratégiques ont été élaborées par les communes ou les EPCI compétents en matière de lutte contre les nuisances sonores. Toutes les cartes ont ensuite été déposées par le Cerema sur la plateforme de rapportage Reportnet.

Ces cartographies permettent d'identifier les zones soumises à une forte exposition au bruit, dont les riverains doivent être protégés. Les cartes permettent également d'identifier des zones de calme, caractérisées par leur faible exposition au bruit, et qu'il convient de sauvegarder.

Sur la base de ce diagnostic, les autorités compétentes en matière de lutte contre les nuisances sonores doivent proposer des mesures d'évitement, de prévention ou de réduction des nuisances sonores. Le long des infrastructures ferroviaires, les actions de réduction du bruit sont du ressort des gestionnaires concernés. Ces mesures sont détaillées dans un Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE) recensant les actions à mettre en place localement pour protéger les zones à enjeux (dépassement des seuils de bruit, protection de zones de calme) préalablement identifiées.

Pics sonores et vibratoires dus aux trains : quelles actions ?

Le Cerema pilote les groupes de travail portant sur les articles 90 et 91 de la Loi d'Orientation des Mobilités (LOM) pour la prise en compte des pics sonores et des problématiques vibratoires lors des passages de train.

Le Cerema apporte son expertise depuis 2019 au ministère de l'Écologie (DGPR, DGITM) sur la rédaction de l'arrêté d'application de l'article 90 de la loi LOM (« Les indicateurs de gêne due au bruit des infrastructures de transport ferroviaire prennent en compte des critères d'intensité des nuisances ainsi que des critères de répétitivité, en particulier à travers la définition d'indicateurs de bruit événementiel tenant compte notamment des pics de bruit »^a). Il participe, pour le ministère, activement aux groupes de travail du CNB (Conseil national du bruit) et est en charge de la production du bilan sur la mise en œuvre de l'arrêté du 29 septembre 2022. Il coordonne ainsi les travaux portant sur la faisabilité de la mesure des nouveaux indicateurs.

En parallèle, le Cerema travaille sur le volet vibratoire des nuisances engendrées par le trafic ferré. Il pilote notamment un groupe de travail sur la mise en œuvre de l'article 91 de la LOM portant sur la prise en compte des pics vibratoires des passages de train. Les vibrations sont une extension des gênes acoustiques, certains bruits pouvant engendrer des vibrations, et inversement, certaines vibrations mécaniques (liées à des chocs, etc.) pouvant émettre du bruit par le rayonnement acoustique des structures bâties (sols, poutres, etc.) (« bruit solidaire »).

^a https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000039666663

Réflexions sur la régénération, la modernisation et la résilience du système ferroviaire

Par Pierre-Alain ROCHE

Membre associé de l'Inspection générale de l'Environnement et du Développement durable (IGEDD)

Le présent article expose, sans prétention à l'exhaustivité, quelques-uns des défis des prochaines années qui concernent les infrastructures de transport ferroviaire, en insistant sur les enjeux de leur performance opérationnelle, mais aussi de leur robustesse et de leur résilience aux risques naturels en contexte de changement climatique. Des efforts sont engagés pour définir des stratégies d'investissement pertinentes, mais beaucoup reste encore à faire pour assurer la soutenabilité du système ferroviaire à moyen et long terme. Les sujets de financement ne sont pas traités ici car ils font l'objet de nombreuses discussions en cours au moment de la rédaction du présent article.

Introduction

Alors qu'une loi-cadre et une loi de programmation sont envisagées afin de définir les priorités du système ferroviaire français, cet article présente différents enjeux techniques que ces textes devront prendre en compte.

La régénération et la modernisation du réseau ferroviaire ne sont reconnues que depuis peu comme une priorité

Fort heureusement, les priorités en matière d'investissements ferroviaires, l'urgence de consacrer des moyens plus importants à ce patrimoine coûteux d'infrastructures ainsi que la consolidation des services de proximité et de fret se sont installées dans le discours politique, notamment sous l'impulsion du Conseil d'orientation des infrastructures¹ (voir Encadré 1 page suivante).

Les attentes concernant le réseau ferré sont fortes alors qu'une importante dette grise a été accumulée

Le gestionnaire du réseau ferroviaire français fait l'objet d'une sextuple injonction :

- permettre le report modal et faciliter les mobilités du quotidien : cela suppose d'accueillir plus de trains,

d'offrir un parcours plus fiable et plus confortable, et d'assurer la compétitivité (notamment par une politique tarifaire favorable à l'usage) ;

- réduire sa propre facture environnementale (énergie, eau, biodiversité, ressources minérales) selon une approche en analyse du cycle de vie ;
- contribuer à la résilience des territoires face au changement climatique en améliorant sa propre robustesse et sa résilience aux aléas naturels ;
- assurer l'interopérabilité européenne de réseaux gérés au niveau national, voire régional ;
- s'adapter sans dégrader excessivement le service aux clients durant les phases de travaux nécessaires ;
- rétablir son équilibre financier, notamment en améliorant la productivité.

La dette grise² accumulée pour le réseau ferroviaire est estimée à 60 Mds€. Il s'agit donc essentiellement d'un effort de rattrapage lorsqu'on évoque des besoins supplémentaires, d'abord pour éviter que la situation ne s'aggrave, mais aussi pour résorber l'écart par rapport à une situation soutenable à long terme.

¹ Constitué initialement comme un groupe de travail durant les Assises nationales de la mobilité en 2017, le COI a été pérennisé par la loi d'orientation des mobilités en 2019. Sa composition a été ajustée en 2025 : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/conseil-dorientation-infrastructures-coi>

² Dette grise : somme de la dette budgétaire actualisée, liée au rattrapage des investissements qui n'ont pas été faits par le passé, et de la dette technique, liée à la dégradation des actifs en raison de ce sous-investissement (les besoins d'entretien superficiels deviennent structurels, générant des dépenses supplémentaires). À titre de comparaison la dette grise des 11 000 km du réseau routier national non concédé est estimée à 2,4 Mds€.

Encadré 1 :
La priorité de la régénération et de la modernisation du réseau ferroviaire

La priorité accordée à la régénération et à la modernisation du réseau ferroviaire a été portée par le Conseil d'orientation des infrastructures et reprise lors de la conférence Avenir France Transports.

Le premier rapport du COI (COI, 2018) affichait la couleur : la politique routière et des voies navigables devait donner la priorité au maintien et à la modernisation de ces réseaux.

Le deuxième rapport du COI (COI, 2022) transposait ce même message au secteur ferroviaire, avec des enjeux financiers bien plus importants. Il a chiffré le besoin d'accélération de la trajectoire de régénération et de modernisation à 1,5 Mds€ (valeur 2018) par an, c'est-à-dire une augmentation progressive de 3 Mds€ (valeur 2018) en 2022 à 4,5 Mds€ (valeur 2018) en 2028 (soit environ 4,9 Mds d'euros en valeur 2028), et de stabiliser ce montant ensuite en le corrigéant de l'inflation. Dans ce rapport de 2022, le COI rappelait qu'il ne disposait pas d'éléments suffisants pour établir une trajectoire carbone des programmations proposées, ni pour évaluer la résilience des réseaux de transports.

La Conférence Ambition France Transports a conclu, le 9 juillet 2025 (AFT, 2025) dans le même sens :

« Le besoin en investissement pour la régénération et la modernisation du réseau structurant est estimé par SNCF Réseau à 1,5 Md€ par an (valeur 2028) supplémentaires à compter de 2028 par rapport aux 3,1 Mds€ investis annuellement en 2024^a Ces investissements constituent un plancher pour stabiliser l'état du réseau structurant. Un montant inférieur pourrait occasionner des fermetures ou des ralentissements permanents affectant jusqu'à 10 000 km de lignes du réseau.

Du point de vue de la transition écologique, c'est avant tout la régénération et la modernisation du réseau ferroviaire qui permettront d'augmenter les trafics nécessaires au report modal depuis la voiture vers le train. Selon l'Autorité de régulation des transports (ART), un scénario tendanciel de maintien des investissements à leur niveau actuel, et donc de dégradation progressive de l'infrastructure, conduirait à des pertes de plus d'un quart des trafics ferroviaires globaux à l'horizon 2040. Au contraire, des investissements à hauteur de + 1,9 Mds€ (valeur 2028) par an permettraient une hausse de 36 % des trafics. Ces gains sont supérieurs à ceux générés par l'ensemble des projets de développement du réseau cumulés.

L'amélioration de la performance du réseau ferroviaire est également indispensable du point de vue de l'aménagement du territoire, puisqu'elle constitue la condition nécessaire pour désengorger les nœuds ferroviaires dans les grands centres urbains et développer les transports du quotidien.

Enfin, la régénération des lignes constitue le principal levier d'adaptation du réseau au changement climatique, puisqu'elle permet, à l'occasion de ces travaux, de renforcer leur résilience. »

La commande du ministre des Transports, adressée début juillet 2025 au COI, lui demandait, outre l'actualisation de la programmation proposée, un rapport sur les besoins financiers liés à la résilience.

^a Soit sur la période 2026-2031, [...] un besoin supplémentaire de 1,1 Mds€/an en euros constants 2025.

Encadré 2 :
Le développement de technologies innovantes
sur les portions de réseau à très fort trafic

Les RER franciliens, qui détiennent des records européens de fréquentation, nécessitent une exploitation modernisée de type CBTC (Communication Based Train Control), déjà mise en place sur quelques lignes de métro (lignes automatisées M1, M14 ou lignes à fort trafic M9, M13). Dès que l'on est sur le réseau ferré national (RFN) ouvert à différents types de circulation, ces systèmes d'exploitation, qui n'existent à ce stade qu'en milieu fermé dans le monde, sont difficiles à mettre au point. Le premier exemplaire d'un système NExTEO et d'un ATS performant sera opérationnel dans la partie centrale de la ligne EOLE en 2029. Le déploiement de systèmes analogues pour des lignes B et D du RER interviendra d'ici 2032, en lien avec la modernisation des parcs de matériel roulant (RER NG pour Transilien et MI20 pour la RATP).

Encadré 3 :
Le développement de FRMCS et d'ERTMS ;
il faut combler le retard de modernisation du réseau français

Le réseau de transmission est aujourd’hui exploité sous une norme GSM-R basée sur l’internet mobile 2G. Cette technologie a fait ses preuves, mais est désormais obsolète et difficile à maintenir. La nouvelle norme 5G de transmission ferroviaire européenne (Future Railway Mobile Communication System - FRMCS) sera déployée au mieux en 2035, sous réserve des financements nécessaires. L’hypothèse de réaliser ce déploiement, comme pour le GSM-R, par un contrat de partenariat serait de nature à réduire et fiabiliser le calendrier. Reste à trouver le financement.

Les standards européens d’exploitation – pour le contrôle des trains et la sécurité (ETCS - European Train Control System) et pour la gestion du trafic ainsi que l’optimisation de la performance d’occupation du réseau (ERTMS - European Railways Traffic Management System) – visent à remplacer les systèmes rigides de cantons fixes, où un train ne peut s’engager sur un segment du réseau que lorsque son prédecesseur en est sorti, par des cantons mobiles.

L’ERTMS aurait déjà dû être déployé sur une partie du réseau. En 2025, seules les LGV Paris-Strasbourg et Paris-Lyon et la ligne de FRET Grand Est sont équipées. Sous réserve du financement proposé par le COI, il serait possible d’atteindre 100 % d’équipement des 9 000 km du réseau structurant en 2040, l’objectif européen ayant fixé à 2030 cet objectif.

Des besoins croissants de circulation et de qualité de service pour des infrastructures vieillissantes et proches de l’obsolescence technique

La saturation du réseau demande des innovations techniques audacieuses

Certains réseaux franciliens sont saturés et la mise au point des systèmes performants d’exploitation qu’ils nécessitent est difficile (voir Encadré 2 page précédente). Ces performances, à la limite des possibilités techniques, permettent d’éviter des investissements encore plus coûteux et difficiles (le projet de doubler le tunnel ferroviaire reliant la gare de Châtelet-les-Halles à celle de Paris-Gare du Nord, emprunté conjointement par le RER B et le RER D, a ainsi été abandonné). De même, le développement d’ERTMS (voir ci-dessous) sur la ligne TGV Paris – Lyon permet d’éviter des investissements très coûteux dans de nouvelles lignes.

Accélérer la modernisation des transmissions et de la signalisation

L’accélération de la mise aux standards européens des systèmes de transmission et d’exploitation interopérables est également urgente et nécessite un effort d’investissement important (voir Encadré 3 situé ci-dessus).

La productivité dépend du déploiement des commandes centralisées du réseau (CCR)

Le déploiement de la CCR (voir Encadré 4 ci-contre) et de l’ERTMS peuvent être utilement jumelés, comme

c’est le cas pour le projet Haute Performance Marseille-Vintimille (HPMV) (cf. Encadré 5 page suivante).

Encadré 4 :
Moderniser la commande des aiguillages, un enjeu majeur de productivité

L’amélioration de la productivité de l’exploitation, et donc la maîtrise des coûts des péages d’utilisation du réseau, dépend directement du déploiement d’un système modernisé de postes d’aiguillage. La concentration des commandes dans un nombre limité de postes informatisés est engagée de façon encore très modeste et « opportuniste » quand les postes obsolets nécessitent de toute façon un remplacement. Aujourd’hui, seulement 15 % du réseau est équipé en CCR.

Une vraie stratégie industrielle suppose d’accélérer, et un objectif de 35 % d’équipement en 2032 est techniquement accessible. 61 % des postes d’aiguillage sont anciens et de technologies obsolètes générant des dépenses élevées de maintien en conditions opérationnelles. Il est également réaliste, si les moyens financiers le permettent de réduire ce taux à 52 % en 2032. Dans les deux cas, les efforts sont à poursuivre pendant une vingtaine d’années.

Encadré 5 : Les projets HPMV et LNPCA

Le projet Haute Performance Marseille-Vintimille (HPMV) et le projet LNPCA (Ligne Nouvelle Provence-Côte d'Azur) doivent permettre le développement des trois principaux Services Express Régionaux et Métropolitains SERM (Marseille, Toulon et Cannes-Nice) de la région Grand Sud.

Le projet HPMV, dont la première tranche démarre dans les Alpes-Maritimes, inclut la réalisation simultanée d'une commande centralisée du réseau et le déploiement d'un ERTMS de dernière génération, dite 2+ ou 3-, et doit se poursuivre par étapes jusqu'à Marseille. Il est couplé au projet LNPCA, qui inclut la modernisation des voies existantes (restructurations en gare, traversée souterraine de Marseille, suppression des secteurs de conflits d'exploitation par des dénivellations, etc.). Ces efforts combinés sont indispensables pour permettre le déploiement des offres prévues de transports régionaux intensifiés et des trois SERM situés le long du projet LNPCA. Le projet s'accompagne également de quelques travaux d'amélioration des débouchés hydrauliques des voies en remblai pour s'adapter aux risques hydrauliques accrus.

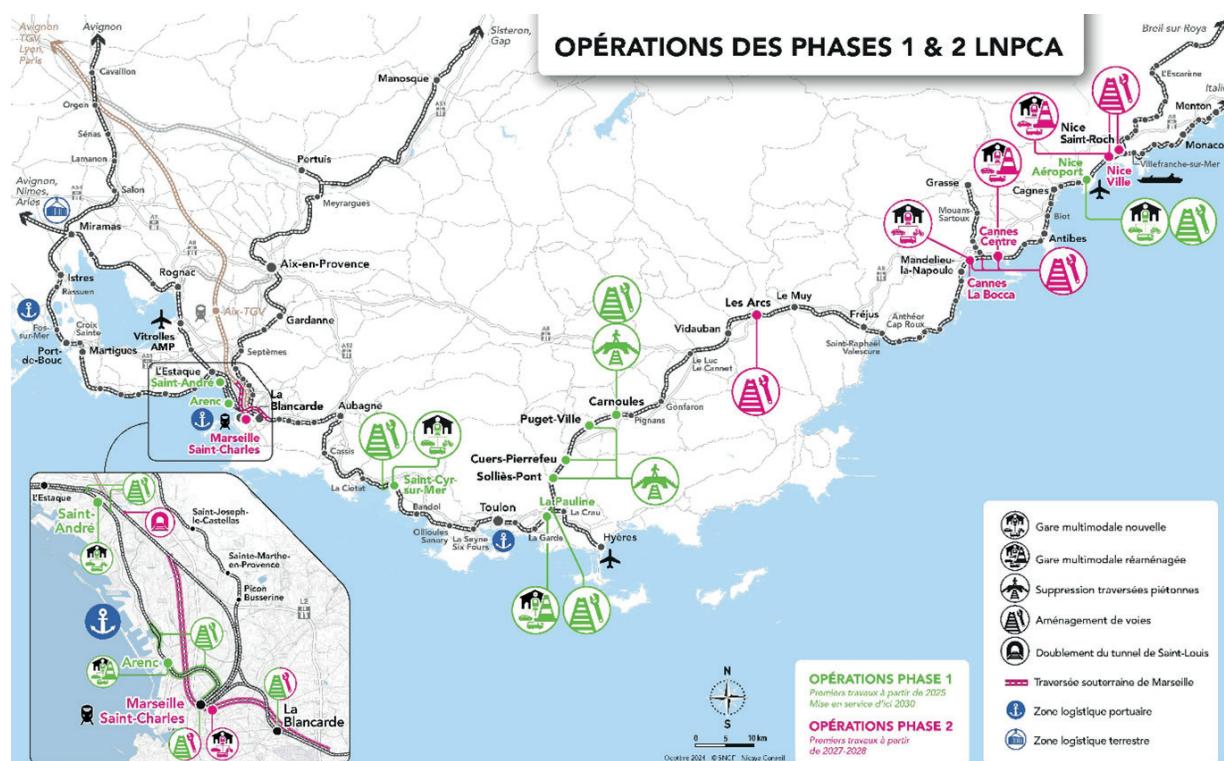


Figure 1 : Le projet LNPCA tel qu'il a été déclaré d'utilité publique et en cours de mise en œuvre ne comprend pas de ligne nouvelle (envisagée ultérieurement en phase 3 et 4 et n'ayant pas à ce jour fait l'objet de démarches de concertation). Il consiste à moderniser la ligne existante et à créer une traversée souterraine de Marseille (Source : carte du site internet du projet, https://www.lignenouvelle-provencecotedazur.fr/sites/lnpca.fr/files/2024-11/20241024_SNCFR_LNPCA_Carte_generale_pictos.jpg).

Le réseau électrique est dans un niveau de vétusté inquiétant

Comme l'ensemble du réseau³, les caténaires sont anciennes et les accidents sont fréquents (voir Encadré 6 ci-contre). Les technologies qui ont été

³ Hormis les lignes de mass transit (1 270 km) et de hautes performances (15 501 km) qui seraient maintenues en priorité, avec les moyens actuels, l'âge moyen du réseau principal passerait de 25 (resp. 35) ans à 39 (resp. 49) ans pour les voies plus prioritaires (17 133 km) (resp. les moins prioritaires (2 289 km)) d'ici 2040. La situation des lignes dites de desserte fine du territoire, qui contribuent à alimenter ce réseau principal, sont encore plus dégradées et leur sauvegarde dépend actuellement des moyens que les Régions pourront y consacrer.

Encadré 6 : Le confortement de la distribution électrique : vétusté et adaptation aux très fortes chaleurs

Les caténaires actuelles sont vieillissantes. SNCF Réseau chiffre à 6 410 km les caténaires à renouveler en urgence, sur un total de 36 685 km.

De surcroît, leur technologie est inappropriée face aux grandes chaleurs. De nouvelles technologies existent, mais elles restent coûteuses.

employées sont inadaptées à l'accroissement des températures.

L'accroissement des aléas naturels concernant les infrastructures ferroviaires

La stratégie d'adaptation du réseau au changement climatique a été adoptée par le conseil d'administration de SNCF Réseau le 27 juin 2024 et est disponible en ligne : <https://www.sncf-reseau.com/fr/developpement-durable/changement-climatique-strategie-dadaptation-sncf-reseau>.

Elle repose sur un diagnostic de la vulnérabilité du réseau, suivant une méthode prospective développée par le CEREMA, analogue à celle déployée pour le réseau routier national non concédé.

Les projections de hausse des températures estivales⁴ entraînent un fort accroissement des sollicitations liées aux très fortes températures, auxquelles les rails ne sont pas adaptés, tout comme les systèmes électriques et les caténaires qui assurent l'alimentation des motrices. Associées à de faibles précipitations et à des vents soutenus, ces conditions accroissent également fortement les risques d'incendies aux abords des voies. Les tempêtes successives entraînent la fragilisation des arbres à proximité des voies (source la plus fréquente aujourd'hui d'interruptions de trafic).

L'eau reste sous diverses formes l'ennemi principal des infrastructures, par divers phénomènes qui se renforcent également : écoulements de versants (souvent qualifiés de ruissellement), assortis de boues voire constituant des laves torrentielles, crues des cours d'eau, parfois torrentielles et d'une violence renforcée, mais aussi occasionnant des inondations de vallées plus importantes et plus fréquentes, remontée des niveaux marins associée à des houles plus fortes, disparition du pergélisol par le réchauffement des températures hivernales, déstabilisant des versants abrupts en zone montagneuse et entraînant des mouvements de terrains de grande ampleur. Le retrait-gonflement des argiles menace un patrimoine bâti très important.

La protection du patrimoine n'est pas la seule entrée : il faut aussi corriger les effets de ces infrastructures sur les divers risques pour les territoires traversés

Le réseau subit les aléas tout en contribuant à l'aggravation de leurs effets, notamment lorsque les débouchés hydrauliques ne permettent pas une circulation adéquate de l'eau à travers les remblais accueillant les voies. Ces débouchés se retrouvent alors saturés par des flux dépassant largement les capacités prévues lors de leur conception.

⁴ Le Haut conseil pour le climat (HCC) souligne que la France est très exposée aux risques climatiques.

L'Europe est le continent qui se réchauffe le plus vite et le réchauffement a atteint 2,2°C en France sur les 10 dernières années (HCC, 2024).

On ne part pas d'une situation optimale d'adaptation aux risque actuels, ce qui encourage à ne pas attendre

Tous ces risques existent dans le climat actuel, et les réseaux sont le fruit d'une histoire qui n'a pas toujours mis la robustesse aux aléas au cœur des préoccupations. Il serait erroné de croire que le changement climatique est la seule raison d'améliorer la résilience aux risques naturels. C'est donc dès à présent que des actions se justifient, pour corriger des vulnérabilités excessives, ce qui produit des effets immédiats. Mais ces actions doivent s'inscrire dans une prospective qui permette de s'assurer que les réponses sont appropriées à moyen et long terme.

À juste titre, la stratégie et son plan d'action de mise en œuvre privilégient les actions portant des bénéfices rapides à moindre coût

Le choix de priorisation des actions de cette stratégie est celui de privilégier celles ayant, à moindre coût, les meilleurs effets de levier sur l'amélioration de la régularité, et notamment la réduction des interruptions de trafic ou des occasions d'actionner les stratégies « stop circulations », qui font leurs preuves. Ce sont des exemples d'optimisation « minimax regret », pertinentes quand la probabilité de survenue d'un événement aux conséquences très lourdes (nombreuses personnes en danger ou en très grand inconfort, difficulté à intervenir due au blocage du réseau, etc.) est relativement élevée, et où l'on accepte *a priori* de dégrader le service pour l'éviter.

À ce titre, sont prioritaires les actions sur la végétation et sur la régénération des voies, des caténaires, des signalisations vétustes et fragiles. Nous nous concentrerons ici sur les sujets plus lourds, de plus long terme, qui devront être pris en compte dans les prochains plans d'action.

L'adaptation à l'élévation des niveaux marins suppose de fortes anticipations

Comme le montre le cas du littoral languedocien (cf. Encadré 7 page suivante), certaines sections de réseau ne pourront durablement assurer leur service car elles sont submersibles.

La non-stationnarité des phénomènes hydrologiques appelle de nouvelles règles de dimensionnement

La non-stationnarité induite tant par les évolutions anthropiques affectant le bassin versant directement que par celle des entrées climatiques (et en premier lieu le régime des pluies) conduit à devoir abandonner le confort du recours à la méthodologie de l'hydrologie en conditions stationnaires (voir Encadré 8).

Cette non-stationnarité doit nous conduire à :

- établir des quantiles de crue « chronicisés » : Q_{p2025} , Q_{p2035} , Q_{p2045} , etc.

Encadré 7 : Accroître la résilience du réseau des basses plaines du Languedoc exigerait des efforts financiers considérables

Sur le littoral languedocien, par exemple, la voie ferrée principale, qui assure la liaison avec l'Espagne, est établie dans certaines sections sur des cordons littoraux qui séparent des étangs de la mer, voire traversent ces étangs ou des plaines très basses. Des scénarios très plausibles envisagent une remontée de l'ordre d'un mètre à l'horizon 2100. Actuellement, la remontée n'est « que » de 3 mm/an sur ce littoral, mais le cumul de la dilatation de l'eau liée à son réchauffement (de l'ordre de + 60 cm prévus en 2100^a) et de la fonte des glaces conduit à cette évaluation par le GIEC, dans l'un de ses scénarios. Pour ces sections, la sauvegarde à moyen terme du patrimoine passera par des travaux importants. Le projet de ligne nouvelle Montpellier – Perpignan (LNMP) apporte une réponse en cumulant les avantages de la grande vitesse, de la désaturation et de la mise à l'abri du risque de submersion, en accueillant le trafic de longue distance, fret et voyageur. C'est essentiellement la phase 2 de ce projet (Figure 1) qui concerne les tronçons de la ligne existante les plus exposés aux risques de submersion marine. Sa réalisation avant 2040, et en tout cas 2050, permettrait de réaliser de façon sereine la mise en sécurité de la ligne historique, qui serait dédiée au trafic de desserte locale des villes du littoral. Cette 2^e phase, en revanche, présente des effets environnementaux forts, difficiles à totalement éviter, et une socio-économie peu favorable, telle que calculée selon les méthodes classiques. Mais c'est sans compter avec la prise en compte de la prévention des risques : imagine-t-on que cet axe ferroviaire européen structurant soit abandonné, avec la ruine de la ligne historique par submersion, et que l'ensemble des trafics se reporte sur l'autoroute, par ailleurs déjà très chargée ? L'empreinte environnementale des travaux neufs (biodiversité, consommation d'eau et de ressources, emprises et émissions de carbone de la phase travaux) doit être prise en compte.

^a Pour l'instant, seuls ces 60 cm sont reconnus comme suffisamment établis, l'incertitude sur le calendrier et les effets de la fonte des glaces est incertain, mais la fourchette de ces effets se situe entre 40 cm et 2 m : les ignorer n'a pas de sens. Les études de vulnérabilité conduites par SNCF-Réseau sur cet axe ont été présentées aux acteurs locaux ; La nécessité de travaux importants, à définir, pour sauvegarder la ligne historique, est un socle consensuel. Le COI aura certainement à se prononcer lors de ses prochains travaux sur la pertinence d'accélérer le calendrier de cette opération, pour anticiper ces risques de submersion. Il semblerait logique cette urgence climatique rende cette opération plus urgente que d'autres.

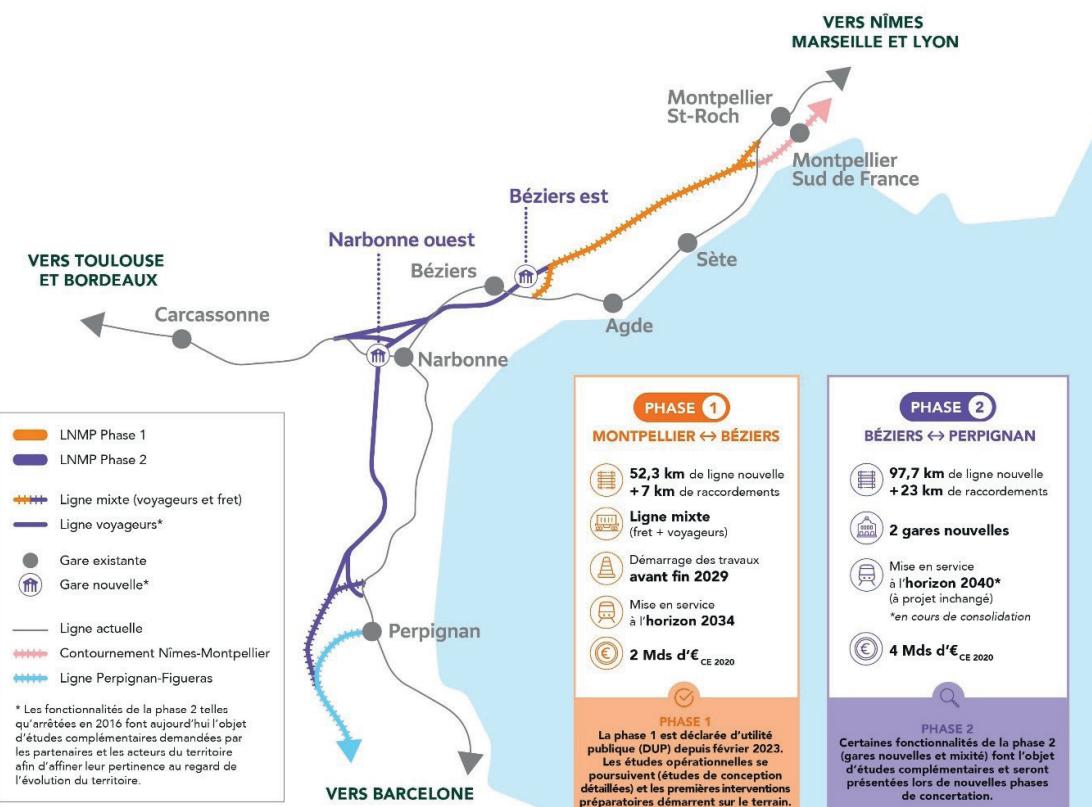


Figure 2 : Les deux phases du projet LNMP. Les zones exposées à la remontée des eaux de la ligne historique sont situées essentiellement entre Agde et Béziers et au Sud de Narbonne (Source de la figure : SNCF-Réseau). Commentaire de l'auteur.

Encadré 8 :

La commodité décisionnelle de l'hydrologie stationnaire

Les règles de dimensionnement des ouvrages hydrauliques reposent sur des estimations de la probabilité annuelle que survienne chaque année un événement de crue dépassant un débit donné. Ce quantile (appelé « décentnal » pour 1/10 chaque année, « centennal » pour 1/100, « millénal » pour 1/1 000) de la distribution statistique des crues est établi par diverses méthodes valorisant l'information historique, des débits et des pluies sur le bassin versant où se constitue l'écoulement donné. Sous l'hypothèse de la stationnarité (et même de l'ergodicité) de ces phénomènes, deux conséquences pratiques sont essentielles (Roche *et al.*, 2012) :

- La première est que chaque quantile peut être assorti d'une fourchette d'incertitude qui résulte des incertitudes de calage des paramètres de la loi de distribution statistique employée, qui résulte des incertitudes des mesures de débits et de l'échantillonnage des événements disponibles pour le calage. On peut donc indiquer, par exemple, que le débit centennal est de $Q_{100} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une fourchette d'incertitude à 90 % allant de $Q_{100 \text{ min}} = 400$ à $Q_{100 \text{ max}} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$.
- La deuxième est que le lien entre un quantile annuel Q_p et la survenue dans un délai de N années d'au moins un événement dépassant ce quantile Q_p , résulte, la survenue d'une crue une année étant indépendante de celle de l'année suivante, d'un calcul très simple de probabilité : $\text{Prob}(Q > Q_p ; N) = 1 - (1 - p)^N$. Par exemple, en 30 ans, la probabilité qu'au moins une crue centennale intervienne est de 26 % (environ une chance sur quatre). On dispose ainsi d'estimations directes de risques pour toute la durée de vie de l'ouvrage prise en considération.

- rencontrer davantage de difficultés pour assortir cette estimation de quantile de sa fourchette d'incertitude, information pourtant très utile à la prise de décision ;
- devoir faire des simulations de nombreuses séquences de survenues d'événements pour établir les probabilités de survenue d'au moins un événement dépassant un débit donné dans un délai de N années.

Ces évolutions méthodologiques sont en cours et nous ne disposons pas actuellement d'une méthode recon-

nue par les autorités comme devant se substituer aux analyses stationnaires.

Ces non-stationnarités conduisent également à revoir les règles de conception, pour introduire plus de flexibilité : l'idéal économique serait de pouvoir dimensionner pour tenir compte d'aléas valables à court et moyen terme, mais de réserver, dès la conception, la possibilité de modifier l'ouvrage à moindre coût pour l'adapter à des aléas plus forts, dans 30 ou 50 ans.

La robustesse et la résilience des structures réticulées et redondantes : un sujet complexe

Le fonctionnement d'une infrastructure linéaire isolée est dépendant de la fragilité de ses maillons (segments de voies) les plus faibles. Plus le réseau est maillé, et c'est d'autant plus le cas lorsque l'on se situe sur des distances longues par rapport à l'échelle des événements perturbateurs, plus les options d'itinéraires alternatifs offrent une gamme de réponses, certes dégradées (en termes de délai et de qualité de desserte), mais bien meilleures que l'interruption pure et simple. C'est évidemment vrai des redondances entre modes, avec les alternatives routières également, ou fluviales, quand elles ne sont pas soumises aux mêmes aléas, mais il est fréquent que l'on jumelle celles-ci pour réduire leurs impacts cumulés, et qu'elles soient soumises aux mêmes risques.

Ceci conduit à une géographie de la vulnérabilité qui met l'accent sur les territoires présentant de faibles alternatives d'accès, et en tout premier lieu sur les vallées en montagne.

Ravaudage, infrastructures vitales et territoires locaux : trois stratégies à combiner

Ces effets d'échelle et de réseau, qui font que la fragilité du système s'apprécie différemment aux diverses échelles d'espace, conduisent à des arbitrages de programmation qui sont bien connus pour la régénération d'un réseau vétuste : faut-il concentrer les priorités sur les maillons les plus faibles (stratégie que l'on pourrait qualifier de « ravaudage »), traiter en priorité des itinéraires structurants à très forts trafics pour assurer une trame minimale robuste (stratégie qu'on pourrait appeler « des infrastructures vitales »), ou faire porter l'effort sur les zones où les alternatives sont les plus rares (stratégie qu'on pourrait désigner par « résilience des territoires locaux ») ?

Bien entendu le coût unitaire des opérations, qui peut varier fortement en ordre de grandeur, et la rareté des fonds disponibles sont également de puissants déterminants, et conduisent sans doute à ce que les stratégies optimales soient une combinaison de ces différentes approches.

Concilier empreinte et adaptation

L'adaptation des infrastructures, nécessaire à leur pérennité, est un des moteurs de l'investissement, et les orientations récentes en font l'un des moteurs prin-

cipaux. Elle se traduit par des actions qui, chacune, ont des effets environnementaux non négligeables :

- effets sur la biodiversité (flore et faune, destructions d'habitats) liés aux opérations de mise en sécurité végétale ;
- émissions de carbone et empreinte eau, ou plus largement empreinte environnementale des matériaux, des produits et des chantiers de régénération et de modernisation, voire des chantiers de mise en sécurité ;
- consommations d'énergie et d'eau de refroidissement des technologies numériques, y compris de l'intelligence artificielle.

Construire une trajectoire performante et adaptable, et éviter les fausses manœuvres

Il ne fait aucun doute (la Maurienne l'a récemment démontré, s'il fallait un exemple) que l'adaptation ne relèvera pas uniquement de l'anticipation préventive, mais devra aussi répondre à la nécessité d'intervenir de façon curative en cas de destruction. La stratégie communément appelée "build back better" est de bon sens : ne pas reconstruire à l'identique une infrastructure, un bâtiment ou une conception urbanistique qui a fait la preuve de sa vulnérabilité. Sa mise en pratique est cependant difficile, car l'urgence de rétablir les fonctionnalités pour un « retour à la normale » aussi rapide que possible est prégnante, et les alternatives ne sont généralement pas disponibles « sur étagère ». Il est essentiel de surmonter cette difficulté, car reconstruire à l'identique se révèle parfois une fausse manœuvre coûteuse à long terme.

De nouveaux développements de la décision publique

En théorie, les outils de la décision en avenir incertain (Alain Sauvant, 2023) apportent des cadres méthodologiques pertinents pour ces situations complexes, incertaines et dont les informations s'améliorent dans le temps (par exemple, la théorie bayésienne de la décision : pour s'y initier de façon ludique, on peut consulter l'exposé de Cédric Richard, accessible en ligne (Richard, 2011)). Ils sont cependant rarement utilisés à grande échelle par les pouvoirs publics en France sur des questions complexes. Déjà, une analyse coût-bénéfice (appelée socio-économie en France, dans le domaine des transports notamment) pourtant obligatoire à partir d'un certain seuil de dépense publique, n'est pas toujours menée avec la rigueur souhaitable.

Ces analyses peinent bien sûr à prendre en compte les valeurs difficiles à monétiser (la nature, notamment), et sont orientées vers la maximisation d'une espérance de gain collectif, ce qui peut se comprendre hors d'un contexte de risques majeurs. Mais des règles formalisant la minimisation raisonnable de risques relativement probables (de l'ordre d'une probabilité de survenue de 1/100 par an pour donner une idée) et aux conséquences importantes sont tout à fait envisageables, sans tomber dans les excès des straté-

gies *minimax regret*, qui consistent à minimiser « quoi qu'il en coûte » la probabilité de survenue du risque maximal qui est pertinente quand cette probabilité est forte ou les conséquences extrêmes (risque de ruine). De même, la question centrale de « la bonne date de déclenchement » est au centre des programmations : ce projet correspond-il à une anticipation souhaitable d'un risque futur compte tenu des incertitudes mais aussi des délais de sa réalisation ? Faut-il privilégier uniquement les *quick wins* immédiats, ou sacrifier une part de la capacité d'investissement pour des bénéfices plus lointains ? La décision est-elle mûre ou faut-il attendre quelques années pour l'éclairer par des éléments cruciaux plus précis (coûts, risques, impacts), selon une procédure de « levée de doute » ?

Le contexte actuel devrait, en toute logique, relancer le développement des pratiques décisionnelles.

Bibliographie

- COI (2018), « Mobilités du quotidien. Répondre aux urgences et préparer l'avenir (Philippe Duron, Pierre-Alain Roche *et al.*) », Rapport, 207 pages, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2018.02.01_rapport_coi.pdf
- COI (2022), « Investir plus et mieux dans les mobilités pour réussir leur transition (David Valence, Pierre-Alain Roche *et al.*) », Rapport de synthèse, 186 pages, Annexes 162 pages, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/COI_2022_Programmation_Synthese%20-%20def_0.pdf
- Ambition France Transports (2025), « Financer l'avenir des mobilités (Dominique Bussereau, David Valence *et al.*) », Rapport, Juillet 2025, 180 pages, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20250709_Rapport_AFT.pdf
- HCC (2025), « Avis sur le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC3) : une première étape pour garantir la résilience et la protection des populations », Mars 2025, <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/avis-sur-le-plan-national-dadaptation-au-changement-climatique-pnacc-3/>
- SNCF-Réseau (2024), « Stratégie d'adaptation au changement climatique. Note stratégique », Septembre 2024, 36 pages, <https://www.sncf-reseau.com/fr/documents-institutionnels/note-strategique-sur-ladaptation-changement-climatique>
- SNCF Réseau (2025), « Adaptation des infrastructures ferroviaires au changement climatique : où en sommes-nous chez SNCF Réseau Occitanie ? », PPT présenté aux partenaires, 4 février 2025, Non publié.
- ROCHE P.-A., GAUME É. & MIQUEL J. (2012), *Hydrologie quantitative : processus, modèles et aides à la décision*, Springer-Verlag éd., 640 pages & 800 pages d'annexes.
- SAUVANT A. (2022), « Risques et incertitudes », *in Prospective 2040-2060 des transports et des mobilités : 20 ans pour réussir collectivement les déplacements de demain* (Pierre-Alain Roche, Dominique Auverlot, Alain Sauvant *et al.*), IGEDD-France Stratégie, Rapport principal et 6 fascicules spécialisés, <https://igedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Affaires-0011888&reqId=2945b398-e7e8-475b-a274-60479b0cd650&pos=3>
- RICHARD C. (2011), « Introduction à la théorie bayésienne de la décision. Machine learning », Université Côte d'Azur, <https://www.cedric-richard.fr/assets/files/ML-CO-Bayes.pdf>

Protection de l'environnement et mobilités : quelles perspectives pour le transport ferroviaire ?

Pr Yves CROZET

Laboratoire Aménagement Économie Transports (LAET-CNRS)

Depuis des décennies, les politiques publiques, européennes et françaises mettent l'accent sur la nécessité de développer le transport ferroviaire, de personnes et de marchandises. Cette orientation est fondée sur le fait que le rail est plus respectueux de l'environnement que les autres modes de transport. En termes économiques, cela signifie que ses coûts externes sont plus faibles. S'ajoute à cela le fait que la demande de services de transport ferroviaire est croissante, tant pour la grande vitesse que pour le rail classique. Pourtant, malgré ces avantages certains, la part de marché du ferroviaire progresse peu. Pour comprendre cette situation il est nécessaire de prendre en compte d'autres coûts, privés et publics qui limitent de fait les perspectives de développement du rail.

L'utilisateur du TGV attentif aux annonces des contrôleurs l'a bien compris. Il a voyagé en utilisant le mode le plus respectueux de l'environnement. Du point de vue de l'économiste, cela signifie que les coûts externes du ferroviaire sont moindres que ceux de la route ou de l'aérien. Est-ce bien le cas ? Nous traiterons cette question dans un premier temps en apportant une réponse globalement positive qui débouche sur une autre question. S'il est aussi vertueux, pourquoi le transport ferroviaire ne représente-t-il en France qu'une faible part des kilomètres parcourus par les passagers (12 %) et les marchandises (9 %) ? D'autres coûts doivent-ils être pris en compte ? Là encore, la réponse est positive. Les agents économiques comme le décideur public mettent en balance les qualités environnementales du train avec d'autres critères de choix qui lui sont moins favorables. Cela pourrait-il changer dans l'avenir ?

Les coûts environnementaux : une composante des coûts externes des transports

En économie, on parle d'externalité, ou effet externe, lorsque l'activité de consommation ou de production d'un agent économique (particulier ou entreprise) a une influence sur le bien-être d'un tiers. Quand l'effet est négatif, il s'agit de coûts externes. En retenant une approche extensive, les coûts externes environnementaux des transports sont principalement : la pollution de l'air, les nuisances sonores et les émissions de gaz à effet de serre (GES). Les autres coûts externes sont l'insécurité du fait des accidents (morts et blessés) et la congestion, mesurée par le temps perdu dans les retards et embouteillages (Crozet et Koning, 2019).

Le Conseil général du développement durable (CGDD, 2020a) a publié une étude comparant les coûts externes des modes de transport. Les résultats sont sans appel. Les coûts environnementaux d'un kilomètre parcouru en TGV sont, par passager, près de 20 fois moins élevés que pour la voiture et 11 fois moins élevés pour l'avion (première ligne du Tableau 1). Il en va de même pour les marchandises, une tonne de fret transportée sur un km par le rail génère un coût environnemental 5 fois moindre que la route et 25 fois moindre que l'avion !

Afin de comparer ce qui est comparable, les valeurs utilisées concernent les trajets interurbains. Dans la mesure où les données sont déjà anciennes, les valeurs relatives comptent plus que les valeurs absolues, ce qui vaut également pour les lignes suivantes du tableau :

- La décomposition des coûts environnementaux rappelle que les émissions de CO₂ ne sont pas le seul élément à prendre en compte. La pollution locale est importante pour les trafics routiers, mais aussi pour les TER qui utilisent parfois des locomotives à moteur thermique.
- Les coûts d'insécurité sont, pour la route, plus élevés que les coûts environnementaux et les coûts de congestion sont presque du même niveau. Il en va différemment pour le transport aérien de passagers, la faiblesse relative des coûts d'insécurité et même des coûts environnementaux fait que le coût externe total du transport aérien est moindre que pour un déplacement en TER. Un tel résultat peut surprendre mais il rappelle que le transport aérien est un mode très sûr dont le principal problème réside dans les émissions de CO₂, particulièrement élevées pour le fret aérien.

Tableau 1 : Coûts externes marginaux des modes de transport en €ct/pkm ou tkm (Source : CGDD, 2020a).

Coûts	TGV	TET	TER	Route	Aérien	Fret fer	Fret route	Fret aérien
Environnement	0,05	0,21	0,75	0,94	0,55	0,19	0,99	5,50
<i>dont CO₂</i>	0,02	0,06	0,14	0,47	0,40	0,04	0,47	4,00
<i>dont pollution</i>	0,00	0,07	0,35	0,43	0,07	0,05	0,51	0,70
<i>dont bruit</i>	0,03	0,08	0,26	0,01	0,08	0,10	0,01	0,80
Insécurité	0,13	0,26	0,69	1,55	0,02	0,11	0,43	0,20
Congestion	0,04	0,04	0,27	0,82	0,27	0,03	0,11	6,51
Total	0,22	0,51	1,71	3,31	0,84	0,33	1,53	12,21

Le principal enseignement de ces données est que si le TGV est clairement le mode de transport le plus favorable à l'environnement, les choses sont moins évidentes pour les TER. L'écart ne provient pas seulement de la différence entre tractions électrique et thermique, il résulte aussi du faible taux de remplissage des trains TER, à peine 30 % contre 80 % pour les TGV.

L'environnement n'est pas le seul critère des choix individuels et collectifs ?

Dans le domaine des transports, il convient de distinguer différents types de coûts monétaires, les coûts privés supportés par les voyageurs eux-mêmes et les coûts publics supportés par les administrations (État et collectivités territoriales). Les uns et les autres sont mis en balance avec les coûts environnementaux et les autres coûts externes, non monétaires. Or, même si cela peut surprendre, le résultat n'est pas toujours à l'avantage du train.

En premier lieu, les voyageurs, comme les chargeurs pour le fret, arbitrent entre les différents modes en comparant leurs coûts généralisés respectifs. Le coût généralisé inclut d'une part les dépenses monétaires (essence, billet, péage) et d'autre part le temps passé qui tient compte de la qualité du service (vitesse, attente, rupture de charge, qualité, fiabilité, fréquence...). Or, dans ce coût généralisé le poids relatif du temps passé dans les transports est d'autant plus important que la valeur du temps est élevée. Cette réalité explique le succès de la grande vitesse ferroviaire. Aller en 2 h de Paris à Lyon ou en 1 h 30 de Paris à Rennes représente un gain de temps important par rapport à un trajet en voiture, et même par rapport à l'avion si on prend en compte les temps d'accès aux aéroports.

Mais pour les trains classiques, et notamment les TER, les choses ne sont pas si simples car pour des distances plus courtes, et compte tenu de la diversité des origines et des destinations, le coût généralisé d'un déplacement en train peut se révéler très supérieur au coût généralisé d'un déplacement en voiture. Prenons un exemple simple. Une personne désire se rendre de Paris à Orléans (100 km) pour un déplacement occasionnel. Si elle prend le train son billet va lui coûter environ 20 €, soit 20 centimes par km. Si elle utilise sa voiture et prend l'autoroute, il lui en coûtera 28 € dont 12 € de péage et 16 € de carburant. En outre le trajet, environ 1 h 40, sera plus long qu'en train (1 h). En termes de coût généralisé, le train gagne sur les deux tableaux, le prix et le temps.

Mais s'il y a non pas un mais deux ou trois voyageurs, alors, malgré un temps de transport plus long, la voiture reprend l'avantage, d'autant qu'elle peut ne pas utiliser l'autoroute à péage ce qui réduit sensiblement le prix. Par ailleurs, si l'origine et la destination finale sont situées loin des gares, la donne change. Si par exemple il s'agit de rejoindre Beaugency depuis Meaux, alors le temps et le prix du transport augmentent un peu pour l'automobiliste, mais pour le passager du train, il faudra compter un peu plus de 3 h et accepter 3 correspondances (Paris-Est, Paris-Austerlitz et Orléans). C'est pour cette raison que la fréquentation des TER (20 mds de passagers.km) est en France relativement faible par rapport à celle des TGV (63 mds de passagers.km). C'est notamment le cas en province où l'offre de services ferroviaire est moins étendue qu'en Île-de-France. Dans la seule région capitale, le ferroviaire (Transilien et RER) accueille 18 mds de p.km. Mais là comme pour les TER et les TET, les coûts publics sont importants et ils représentent un obstacle au développement du transport ferroviaire.

Tableau 2 : Coûts moyens comparés des modes de transport en €ct/pkm (Source : CGEDD, 2020b).

	VP essence	VP diesel	Autocar	TGV	TET	Aérien
Coûts externes	2,37	2,89	0,74	0,31	0,69	0,98
<i>dont environnement</i>	0,82	1,34	0,50	0,18	0,43	0,91
Coût marchand	14,20	13,90	5,80	10,30	22,00	10,70
<i>dont infrastructure</i>	2,00	2,00	0,70	4,30	7,60	2,20
<i>dont service</i>	12,20	11,90	5,10	6,00	14,40	8,50
Total hors temps	16,60	16,80	6,50	10,60	22,70	11,70
Temps	27,80	27,80	42,50	19,20	29,80	3,90
Coût social	44,30	44,50	49,00	29,80	52,50	14,60

Une autre étude (CGDD, 2020b) a évalué ces coûts publics en les ajoutant aux coûts privés et aux coûts externes pour évaluer un coût total que nous appellerons coût social. Le Tableau 2 en donne les principaux résultats. Comme il s'agit de trajets interurbains de longue distance, les trains classiques sont des trains d'équilibre du territoire (TET) aussi appelés Intercités. Nouveauté par rapport au Tableau 1, seuls les déplacements de personnes sont étudiés et pour cela les autocars ont été ajoutés.

Les coûts externes de la voiture particulière (VP) sont nettement plus forts que ceux des autres modes. Le TGV est le mode le moins coûteux socialement mais ce n'est pas le cas des TET. Leur vitesse moyenne étant plus faible que celle des TGV, le coût du temps est élevé. En outre, leurs coûts marchands sont importants alors qu'une faible part est supportée par les clients du train. Comme les TER, les TET demandent une importante subvention publique pour équilibrer leurs comptes. Les rapports de l'Autorité de régulation des transports (ART) en donne régulièrement une évaluation. Ainsi, en 2023, les concours publics ont représenté 69 % des coûts de fonctionnement des TER, soit 3,9 mds€ sur un total de 5,6 mds. En rapportant ce chiffre aux 20 mds de passagers/km, cela représente un coût public d'environ 20 centimes par p.km contre un prix moyen supporté par les voyageurs de 8,5 centimes. Plus précisément, un peu plus de 4 centimes pour les abonnés et 11 centimes pour les autres.

Nous mettons ici le doigt sur une importante limite du transport ferroviaire : le poids qu'il fait peser sur les budgets publics. Alors que ces derniers sont de plus en plus contraints, il n'est donc pas surprenant de constater un regain d'intérêt pour les services d'autocar. Ainsi, la loi instaurant les Services Express Métropolitains

Régionaux (SERM) insiste dans ses premiers articles sur la complémentarité entre services ferroviaires, qui doivent être renforcés, et services routiers, lesquels peuvent inclure les autocars mais aussi le covoiturage.

Quelles perspectives pour le rail ?

De 1995 à 2022, le transport ferroviaire de voyageurs a progressé de 25 % en Europe. Les données de l'Agence européenne de l'Environnement¹ nous apprennent que pour la grande vitesse, le trafic a été multiplié par 4 pour atteindre 131 mds de p.km (dont près de la moitié en France). Mais cela s'est fait en partie au détriment du rail classique qui a légèrement régressé. Aussi, la part de marché du ferroviaire a peu changé, de 6,8 à 7,2 % car dans le même temps, les autres modes de transport ont aussi progressé : + 24 % pour l'automobile et + 116 % pour le seul transport aérien intra-européen dont le trafic représente 4 fois celui de la grande vitesse ferroviaire et 10 % de plus que l'ensemble du trafic ferroviaire, y compris les métros et tramways.

Force est donc de constater que, dans le secteur des transports comme dans celui de l'énergie, même si cela heurte des idées reçues, le principe d'addition est plus pertinent que le principe de substitution pour comprendre les mécanismes à l'œuvre. De même qu'à l'échelle mondiale le charbon reste une source d'énergie majeure, malgré les succès du pétrole et de l'électricité, de même la voiture individuelle reste largement majoritaire même si l'offre ferroviaire progresse. En d'autres termes, le rail sait attirer de nouveaux clients

¹ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems/passenger-transport-activity/>

mais son attractivité n'empêche pas la progression des autres modes de transport et notamment de l'aérien. Or, mises à part quelques relations types où le TGV peut concurrencer, voire remplacer l'avion, le rail et l'aérien ne sont pas substituables. L'exemple suisse le montre. Le système ferroviaire helvétique est le plus performant d'Europe. Un résident suisse parcourt en moyenne 2 500 km en train chaque année, deux fois plus qu'un Français. Mais il effectue aussi 10 000 km en voiture, comme un Français, et 9 000 km par an en avion, près de 4 fois plus qu'un Français ! Une illustration parfaite du principe d'addition des mobilités.

Les perspectives du transport ferroviaire pour les prochaines décennies sont donc à la fois favorables et décevantes :

- Favorables, car la demande de services ferroviaires est croissante, tant pour la grande distance que pour les déplacements régionaux, notamment ceux de la vie quotidienne. Et, dans la plupart des pays européens, les décideurs publics veulent privilégier le rail et effectuer des arbitrages budgétaires en sa faveur.
- Décevantes, car le ferroviaire reste très dépendant de l'argent public, ressource de plus en plus rare, confrontée en France notamment à un rendement décroissant des subventions publiques au ferroviaire. Ainsi, les dépenses publiques pour l'exploitation du Transilien ont, en euro constant, augmenté de 31 % de 2013 à 2023 alors que la fréquentation a légèrement baissé. Pour la même période, les réseaux de Province (TER) ont vu leur fréquentation progresser de 11 %, mais, toujours en euro constant, les subventions de fonctionnement ont progressé de 17 %.

Il ne suffit donc pas de proclamer que le transport ferroviaire est bon pour l'environnement. Même s'il réussit à attirer tout l'argent public dont il a besoin, il devra pour cela montrer qu'il peut améliorer ses performances financières. L'ouverture à la concurrence peut y contribuer si elle améliore le ratio euro public dépensé par passager.km.

Bibliographie

CROZET Y. & KONING M. (2019), « Les effets externes du transport », 120 pages, <http://tdie.eu/wp-content/uploads/2019/07/TDIE-Les-effets-externes-des-transports-D%C3%A9finition-%C3%A9valuation-et-implications-pour-les-politiques-publiques-1.pdf>

CGDD (2020a) Rouchaud D., « Coûts externes et tarification du déplacement », 121 pages, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/publications/thema_mobilite_co%C3%BBts_externes_et_tarification_du_deplacement_decembre2020_0.pdf

CGDD (2020b) Rouchaud D. & Drouaux C., « Coûts moyens socio-économiques », 61 pages, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/publications/thema_mobilite_couts_moyens_socio_economiques_decembre2020.pdf

Les nouveaux entrants pour développer un mode de transport écologique et vertueux et renforcer un secteur stratégique pour la France

Par **Marco CAPOSCIUTTI**

Président de l'Association française du Rail (AFRA)

Et **Solène GARCIN-BERSON**

Déléguée générale de l'AFRA

Face à l'urgence climatique et la nécessaire décarbonation des mobilités, le rail s'impose comme un levier clé grâce à son efficacité énergétique et ses faibles émissions. L'ouverture du marché dynamise ce mode durable : elle enrichit l'offre, stimule l'innovation et attire de nouveaux voyageurs, favorisant ainsi le report modal. L'arrivée de nouveaux opérateurs apporte des recettes supplémentaires au gestionnaire d'infrastructure, améliore la desserte des territoires et la viabilité économique du système. Elle encourage aussi les gains de productivité, crée des emplois et allège la pression sur les finances publiques. Cette dynamique concurrentielle bénéficie à l'ensemble du système, y compris à l'opérateur historique, qui en ressort renforcé. Loin de fragiliser le système, l'ouverture du marché consolide un modèle ferroviaire pluriel, performant et résilient, constituant ainsi un levier puissant pour stimuler le rail et répondre aux défis environnementaux, sociaux et territoriaux.

Un levier de report modal pour une réponse concrète à l'urgence climatique et aux enjeux environnementaux

Alors que le transport est le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France (environ 31 % des émissions nationales), le rail ne représente qu'une part marginale des émissions de CO₂ du secteur (moins de 1 %) bien qu'il assure le transport d'une part significative des voyageurs (environ 12 %) et des marchandises (près de 9 %).

Si l'exigence de tendre vers la neutralité carbone des mobilités s'est renforcée, la montée en puissance des enjeux environnementaux ne se limite pas à la réduction des émissions de gaz à effets de serre :

- Le mode ferroviaire génère de nombreuses externalités positives pour la société. Il permet de transporter marchandises et voyageurs de façon massifiée (un train remplace 40 camions sur la route) et de manière sûre (40 fois moins de victimes/km qu'en voiture). Il est respectueux de l'environnement, de la santé et la

qualité de vie des citoyens en limitant les émissions dangereuses mais également la congestion et tout cela avec une emprise au sol limitée.

- Au-delà de ses atouts en matière de décarbonation et de la préservation de la santé et de la qualité de vie des citoyens, le mode ferroviaire continuera à se distinguer des autres modes par son exceptionnelle efficacité énergétique, notamment grâce au faible frottement des roues sur le rail (12 fois plus efficace que le mode routier ou aérien par passager et 6 fois plus efficace pour le fret).

L'urgence environnementale impose donc de développer l'usage du train et de réaliser un nécessaire report modal depuis les modes moins vertueux.

Or, pour y parvenir, il faut rendre le train plus attractif (plus de trains, plus de fréquence, une meilleure qualité de service, des prix plus compétitifs, etc.), sans pour autant peser davantage sur les finances publiques. C'est précisément ce que permet l'ouverture à la concurrence.

Avec l'arrivée de nouveaux opérateurs sur le marché, le système ferroviaire devient plus attractif et plus dense,

réduisant ainsi la dépendance à la voiture individuelle ou au transport routier de marchandise. Les opérateurs alternatifs jouent ainsi un rôle d'accélérateur du report modal. En dopant l'offre ferroviaire, en la diversifiant et en améliorant son efficacité, les acteurs attirent de nouveaux voyageurs ou clients industriels, ce faisant ils contribuent aussi à densifier l'utilisation du réseau et à générer des financements supplémentaires pour le gestionnaire d'infrastructures.

Dans les faits, là où la concurrence s'est installée, les effets de report modal sont tangibles :

- En Italie, l'arrivée d'Italo (NTV) en 2012 sur la grande vitesse a non seulement stimulé l'offre, mais aussi démocratisé l'accès à ce mode de transport : les prix ont baissé de 30 % en moyenne sur les lignes concernées, et la fréquence entre Milan et Rome a doublé. L'aérien a perdu près de 40 % de parts de marché sur ce même trajet, autrefois l'une des lignes les plus fréquentées au monde.
- L'arrivée de Trenitalia sur la relation Paris – Lyon depuis 3 ans, a déjà produit des effets similaires : augmentation de la fréquence (+ 10 %), baisse moyenne des prix (- 10 %) sur l'ensemble de l'offre (SNCF Voyageurs compris), amélioration du confort et de la qualité du service, et hausse significative du nombre de voyageurs (+ 20 %). Plus de 10 % des voyageurs ayant voyagé avec Trenitalia sur l'axe Paris – Lyon déclarent en outre qu'ils n'avaient pas recours au train pour se déplacer sur ce trajet auparavant. C'est donc un véritable élargissement du marché qui s'est opéré au bénéfice de l'ensemble du système, dont la SNCF elle-même, qui a su s'adapter à cette nouvelle dynamique et en tirer profit, confirmant ainsi que la concurrence peut être un moteur de croissance partagée.

Au-delà, cette dynamique de report modal constitue une victoire environnementale partagée. La concurrence permet plus de ferroviaire en ce qu'elle augmente et améliore l'offre globale et élargit le système ferroviaire avec un report des autres modes mais également l'apport modal de nouveaux voyageurs.

Un levier d'efficacité et de stimulation économique et industrielle pour renforcer la compétitivité du ferroviaire

L'ouverture à la concurrence stimule les performances économiques du secteur ferroviaire, tout en bénéficiant à l'ensemble de l'économie.

L'ouverture à la concurrence incite tous les opérateurs à innover, à améliorer la qualité de service et à proposer des offres plus diversifiées et adaptées aux besoins des voyageurs comme à ceux du fret. Elle favorise l'innovation technologique et organisationnelle. De nouvelles entreprises peuvent proposer des modèles économiques alternatifs, adaptés à certains besoins non explorés ou à des segments moins attractifs dans le modèle des opérateurs traditionnels. Cela contribue à

renforcer la complémentarité et la productivité globale du secteur.

À travers les gains de productivité qu'elle suscite, la concurrence rend le modèle ferroviaire économiquement plus résilient, plus viable et moins dépendant des subventions publiques. Elle permet ainsi de garantir le juste prix du transport et une bonne utilisation des deniers publics au meilleur coût pour l'utilisateur, ce qui renforce aussi l'effet multiplicateur et l'acceptabilité de ces dépenses.

La confrontation des modèles pousse à l'efficacité et représente un levier pour baisser les coûts d'exploitation des services qui sont encore nettement supérieurs par passager-km à la moyenne européenne. Concrètement la concurrence s'est déjà traduite là où elle a été mise en œuvre par une baisse des coûts d'exploitation de 20 à 25 % sur les lignes régionales ouvertes à la concurrence, qu'elles soient attribuées à un concurrent ou à l'opérateur historique. Ces gains peuvent être utilisés par les Régions pour développer l'offre sur leur territoire, sans alourdir les finances publiques.

Les nouveaux entrants représentent également un levier pour apporter de nouvelles recettes au gestionnaire d'infrastructures. Alors que les besoins d'investissement pour rattraper le retard d'entretien et de modernisation du réseau sont importants, la hausse des circulations, via le paiement des péages ferroviaires par chaque nouvel opérateur, a pour effet direct d'apporter des recettes supplémentaires au gestionnaire d'infrastructure (SNCF Réseau ou société concessionnaire). Ces ressources supplémentaires permettent au gestionnaire d'infrastructures d'absorber plus efficacement les coûts fixes d'infrastructure et d'entretien du réseau. La contribution supplémentaire apportée par les nouveaux opérateurs concourt ainsi à l'effort de modernisation du réseau, qui permet lui-même des gains de productivité importants. Ainsi, le déploiement de la commande centralisée du réseau (CCR) permet une baisse des coûts d'exploitation de 40 % par train.km, de même que le déploiement de l'ERTMS qui permet non seulement de baisser les coûts d'entretien mais aussi d'augmenter de 25 % la capacité de l'infrastructure.

L'ouverture du marché ferroviaire contribue également à l'effort de réindustrialisation en stimulant toute la filière. Les opérateurs alternatifs ne se contentent pas d'exploiter des trains : ils investissent, créent des emplois, innovent, stimulent la filière :

- les opérateurs alternatifs engagent les investissements liés aux services de transport supplémentaires qu'ils apportent grâce à la mobilisation de fonds privés pour financer par exemple de nouveaux matériels roulants dans le cadre de services librement organisés ;
- la participation aux appels d'offres représente également un investissement majeur pour les candidats, dont les efforts contribuent à améliorer l'offre de service public, qu'ils soient *in fine* retenus ou non ;
- les nouveaux entrants créent de nouveaux emplois, non seulement dans les entreprises ferroviaires elles-mêmes, mais aussi dans les filières industrielles et

de services associés qui diversifient leur portefeuille et innovent davantage (construction, maintenance, technologies numériques, ingénierie). Chaque nouvel opérateur crée ou renforce un écosystème économique industriel autour de lui dont les activités génèrent des emplois qualifiés, non délocalisables.

Un moteur pour l'aménagement du territoire

L'ouverture du marché est un moyen de sortir de la spirale négative de paupérisation du système ferroviaire qui a entraîné le vieillissement des infrastructures, la réduction de l'offre et la reproduction de la dette. La pénurie de l'offre et la crise capacitaire qui en résulte affectent en tout premier lieu la desserte des territoires.

La SNCF ayant réduit de plus de 20 % son parc TGV (de 482 en 2012 à 376 en 2023), la conduisant à opérer des choix sur le positionnement du matériel pour concentrer l'offre sur les dessertes qu'elle a jugées plus stratégiques, le marché français a souffert cette dernière décennie d'une politique de réduction de l'offre de l'opérateur historique avec un retrait particulièrement marqué sur la desserte par TGV des gares intermédiaires. L'ART observe ainsi une chute de 19 % de la desserte par TGV des petites gares entre 2015 et 2023 selon une dynamique engagée bien avant l'ouverture effective à la concurrence.

Les opérateurs alternatifs viennent ainsi compléter l'offre de l'opérateur historique qui n'a pas la capacité de répondre seul à la forte demande de train.

Grâce à son effet incitant à l'efficience, à l'amélioration de la qualité de service et à l'innovation, la concurrence est un levier majeur d'élargissement de l'offre et de dynamisation du mode ferroviaire dans une logique de cercle vertueux qui permet d'attirer de nouveaux voyageurs et de rendre rentables les dessertes qui n'étaient pas considérées comme telles par le monopole. L'arrivée de nouveaux opérateurs renforce l'offre en répondant à la demande là où cette dernière n'était pas servie, mais aussi partout où il existe du potentiel de report modal. Les nouveaux opérateurs cherchent à attirer des voyageurs, ce qui les pousse à améliorer la qualité, à innover, à diversifier l'offre, à proposer de nouvelles dessertes, à identifier des opportunités là où l'opérateur historique n'investissait pas, notamment sur des lignes peu exploitées jusque-là.

En permettant à de nouveaux modèles d'émerger, l'expérience montre que la concurrence élargit l'offre ferroviaire au-delà du seul prisme économique : elle l'adapte aux réalités et aux transitions sociales, géographiques et territoriales. Quelques exemples concrets parmi d'autres :

- en France, grâce à de nouveaux schémas innovants et au groupement Transdev-NGE-CDC la concurrence a déjà permis de rouvrir une portion de ligne qui était fermée sur la ligne Nancy – Contrexéville ;
- la commune de Saint-Jean-de-Maurienne bénéficie désormais de deux liaisons quotidiennes directes vers et depuis Lyon toute l'année grâce à l'offre de

Trenitalia France (desserte auparavant assurée uniquement durant les week-ends de la saison d'hiver !) ;

- en Italie, le nombre de gares desservies par la « grande vitesse » a plus que doublé depuis l'ouverture à la concurrence, en passant de 52 en 2012 à 113 en 2024 (+ 117,3 %) ;
- les projets des opérateurs le démontrent également : le modèle Ilisto repose sur la desserte des gares intermédiaires, European Sleeper investit sur le marché délaissé des trains de nuit, etc.

Parallèlement, à travers les recettes supplémentaires qu'ils apportent au gestionnaire d'infrastructure, les opérateurs alternatifs contribuent à renforcer la viabilité économique de lignes secondaires et permettent un meilleur entretien ou développement des infrastructures existantes. En France, les majorations appliquées aux services librement organisés conduisent à une couverture au-delà du coût complet d'utilisation, à hauteur de 122 % en 2025. Les péages versés par ces opérateurs contribuent directement au financement d'autres lignes du réseau circulées par des services qui ne peuvent pas supporter le coût complet de leur utilisation.

L'ouverture du marché est également une opportunité pour les régions qui jouent un rôle de plus en plus central dans la gestion des services ferroviaires. L'ouverture à la concurrence pousse les autorités organisatrices de la mobilité à repenser leurs stratégies de mobilité, à définir des obligations de service public plus proches des besoins des voyageurs, à renforcer la qualité et la pertinence des services rendus aux usagers en favorisant l'adaptation de l'offre aux besoins locaux. Les autorités organisatrices gagnent en marge de manœuvre pour choisir des prestataires compétitifs et contractualiser avec les opérateurs sur des objectifs de performance et de développement territorial. Les premières expériences montrent également que les autorités organisatrices réinvestissent les gains de productivité dans le développement de l'offre au service des territoires.

Loin de créer des fractures, l'ouverture du marché permet de renforcer l'offre et la desserte des territoires.

Les opérateurs alternatifs stimulent une dynamique d'ensemble qui renforce un système ferroviaire pluriel et performant, au bénéfice de tous

L'ouverture à la concurrence du transport ferroviaire, longtemps attendue, s'impose aujourd'hui comme un accélérateur de transformation pour la mobilité. Loin d'un simple ajustement réglementaire, elle introduit une nouvelle dynamique dans un secteur historiquement dominé par le monopole et enfermé dans une spirale négative de paupérisation de son système. L'ouverture du marché est un outil puissant au service d'une transition environnementale, d'un redressement économique et d'un aménagement équilibré des territoires. Les premiers résultats confirment que la concurrence

stimule l'innovation, améliore l'expérience des usagers et répond mieux aux enjeux environnementaux, économiques et territoriaux.

La concurrence ferroviaire ne doit pas être redoutée, mais comprise comme une opportunité stratégique, elle représente un formidable levier de modernisation et ouvre la voie à un système plus pluriel, performant et durable, où les acteurs se complètent et coopèrent dans l'intérêt général.

La dynamisation du mode ferroviaire résultant de la stimulation liée à l'arrivée d'opérateurs alternatifs bénéficie positivement à l'ensemble des acteurs :

- aux clients voyageurs ou chargeurs qui bénéficient directement de l'amélioration de l'offre ;
- aux autorités organisatrices qui disposent d'un choix et d'une maîtrise renforcée sur leurs dépenses et le service qu'elles souhaitent offrir aux usagers ;
- au gestionnaire d'infrastructure dont les recettes augmentent par l'effet volume (et non pas par des contributions supplémentaires sur un montant de péage déjà élevé ou par de nouvelles taxes qui frapperait les petits pouvoirs d'achat et l'inclusivité du train) ;
- à l'opérateur historique, qui loin d'être fragilisé par l'arrivée de nouveaux opérateurs, se transforme et bénéficie de la croissance du mode.

L'ouverture du marché est un levier pour :

- répondre aux enjeux climatiques, en accélérant le report modal ;
- stimuler l'innovation technique, commerciale et organisationnelle ;

- améliorer la qualité de service, en diversifiant les offres et en rendant le train plus attractif ;
- renforcer la desserte des territoires ;
- réduire la pression sur les finances publiques, en rendant le modèle plus efficient.

Bibliographie

AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (juillet 2025), « Le marché du transport en France (volume 4) » ; (juin 2025), « Le marché européen du transport ferroviaire en 2023 ».

AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (juin 2025), « Marché français du transport ferroviaire premiers chiffres 2024 ».

AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (juin 2025), « Le marché français du transport ferroviaire en 2023 ».

AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (juillet 2023), « Les scénarios de long terme pour le réseau ferroviaire français (2022-2042) ».

AUTORITÉ DE RÉGULATION DES TRANSPORTS (février 2022), « Étude sur l'ouverture à la concurrence des services de transport ferroviaire de voyageurs ».

COMITÉ D'ORIENTATION DES INFRASTRUCTURES (décembre 2022), « Investir plus et mieux dans les mobilités pour réussir leurs transitions » ; (mars 2022), « Bilan et perspectives des investissements pour les transports et les mobilités - prendre le cap des nouvelles mobilités ».

VALENCE D. & BOUCHARD F. (2019), « Ferroviaire : ouverture à la concurrence, une chance pour la SNCF », Fondation pour l'innovation politique.

Railway operators facing environmental challenges

Editorial

Jean-Pierre Farandou, Chairman and Chief Executive Officer of SNCF

Introduction

Benoît Chevalier, Director of the Climate Change Adaptation Programme, SNCF Réseau and **Flora Yilmaz**, Project Manager, SNCF Réseau

Rail is the environment's best friend. In a world tending towards + 4°C by 2100, it offers an ecological way of continuing to travel, provided that it is itself respectful of the environment and adapted to climate change, at the service of all stakeholders.

Trains: an eco-friendly mode of transport

Global railways facing climate change challenges

François Davenne, Director General of the International Union of Railways (UIC)

The rail sector is in a paradoxical position in terms of environmental issues. It is one of the major solutions for achieving the objectives of the Paris Agreement on climate, due to its fuel efficiency, yet its modal share is not growing globally, despite the desire for rail transport and, more broadly, the desire throughout our society for a reduction of our dependency on cars.

UIC (International Union of Railways) represents the global rail community. It encompasses 220 rail networks providing mobility for 7 billion people worldwide and freight transport worldwide. UIC is known for its important role as the sector's technical platform. It is also responsible for developing and promoting a strategic vision.

In this capacity, UIC, working with its diverse members, has defined a vision for the future of transport based on a paradigm shift in which energy-efficient modes (rail, public transport, and active mobility) would become the center of gravity for mobility. Making this future happen, however, requires a thorough review of current financing mechanisms, which are not fit for the climate emergency.

Trains: SNCF's commitment to providing an environmentally friendly, comfortable and safe service

Charlotte Wiatrowski, SNCF Voyageurs

The mission of SNCF Voyageurs is to be a key contributor when it comes to reducing the environmental impact of transport. It can rely on the natural strengths of the train; an efficient means to transport large amounts of passengers with few resources and energy. This efficiency is constantly improved by the company and its partners. Current and past strategic choices result in SNCF Voyageurs possessing the necessary assets to optimize the train's life span as well as its parts. It also enabled the company to buy locally and to rely on a solid network of suppliers driven by environmental progress. Besides its engineers' research and development, the company develops its use of open innovation and new tools to measure environmental performance to achieve its goals.

Another key mission is to offer a high-quality service – reliable and comfortable for passengers. Both missions are perfectly aligned since the most efficient way to lower the carbon footprint of transport in France is by far to incentivize the use of trains.

The SNCF Group's efforts to provide the best possible service on "traditional long-distance lines"

Robert Mathevret, Coordinator for the Paris–Orléans–Limoges–Toulouse, Clermont–Paris and Bordeaux–Marseille lines for the SNCF Group

Faced with the challenges of climate change, the imperative of decarbonization, and the issue of regional development, the French government and SNCF Group are deploying an ambitious strategy to modernize "classical" mainline railways. These routes play a structuring role for many areas not served by high-speed lines, connecting medium-sized metropolitan cities, smaller towns, and rural areas through the « Trains d'Équilibre du Territoire » (TET – InterRegional-minded Trains), meeting essential mobility needs. The plan includes three main objectives: improving the economic, social, and ecological impact of TETs, adapting rail infrastructure to the effects of climate change, and strengthening low-carbon accessibility in less densely populated areas. Through massive investments (nearly 3.9 billion euros over the period 2018–2027 for the two routes Paris–Orléans–Limoges–Toulouse and Clermont–Paris), technical innovations (Oxygène trains, recycling of infrastructure renewal materials, use of carbon foot-

print measurement and optimization tools) and extensive consultation with local stakeholders, SNCF Group intends to promote and offer a quality, sustainable and inclusive service, while encouraging a modal shift from road, coach or plane to rail.

How Alliance 4F is contributing to the decarbonisation of road freight transport

Raphaël Doutrebente, Chairman of Europorte and Chairman of Alliance 4F

In a context of ecological transition and the pursuit of logistical sovereignty, the 4F Alliance, bringing together the key players in French rail freight, collectively offers a strategic and practical response to the limitations of road transport. Efficient, low-emission, and capable of large-scale freight movement, rail transport significantly reduces greenhouse gas emissions and the energy footprint of supply chains.

Its development is not intended to replace road transport, but rather to enable effective and meaningful complementarity between modes. This requires investment, planning, and the mobilisation of all public and private stakeholders. The 4F Alliance advocates for a multimodal logistics model, based on greater use of rail for long distances and the optimisation of combined transport.

Controlling the environmental externalities of rail transport to increase its sustainability

Pierre de Bellabre and **Sandrine Samson**, Haropa Port

The development of rail transport is an essential step in the ecological transition, and Haropa Port is actively committed to promoting this sustainable mode of transport, which is widely acclaimed for its low environmental impact, with greenhouse gas and particle emissions significantly lower than those of road transport. However, the assessment of its ecological footprint must take into account not only the operation of trains, but also the construction, maintenance and operation of rail infrastructure, which generate environmental externalities.

Haropa Port, which manages its port rail network, is implementing a series of measures to prevent, reduce and, where necessary, offset the environmental impacts of rail operations. These include the eco-design of infrastructure, the integration of environmental considerations into development projects to preserve biodiversity and the continuity of habitats, and targeted maintenance of the railways.

Multi-product strategy and intermodal competition: the new challenges facing high-speed rail

Thierry Blayac, Professor of Economics, University of Montpellier, CNRS, CEEM; **Patrice Bougette**, Professor of Economics, University of Côte d'Azur, CNRS, GREDEG; and **Florent Laroche**, Senior Lecturer in Economics, University of Lyon 2, CNRS, LAET

The liberalization of high-speed rail in France takes place in a market already reshaped by the rise of low-

cost services and digital platforms. Based on an empirical analysis of five major routes prior to market opening, this article highlights the central role of prices and frequencies as strategic levers for the incumbent operator. Fast and well-equipped lines combine high fares with dense services, while longer and less efficient routes show lower prices and reduced frequencies. Intermodal competition (air, coach, carpooling) exerts significant pressure on both fares and service organization, while the incumbent's multiproduct strategy enables fine-tuned demand segmentation and capacity management. These results shed light on current high-speed rail dynamics and their implications for new entrants.

Rail transport must limit its own environmental impact

The circular economy serving the railway ecosystem

Cyrille Blard, SNCF Réseau

Rail transport addresses objectively the challenges of ecological transition. The impacts on the management of the rail infrastructure must be consistent and must be exemplary. The integration of the rail circular economy is an issue for securing our material supplies while reducing negative environmental externalities.

This is a proof that economy and ecology can be compatible and relevant in the context of very low carbon transport. The circular economy is an opportunity to rethink our relationships with our suppliers and providers. The circular economy... it's industrial common sense.

Managing the impact of railways on biodiversity

Pierre-Edouard Guillain, Deputy Director General, Police, Knowledge and Expertise, French Biodiversity Agency (OFB)

While rail transport offers recognised advantages in terms of greenhouse gas emissions, its infrastructure can have an impact on biodiversity through habitat fragmentation, pollution and the spread of invasive alien species. It is necessary to identify these impacts, both during construction and operation, and measures exist to reduce or eliminate them. The network may also present opportunities for restoration, in particular through the development of potential benefits for pollinators, for example. The French Biodiversity Agency provides support in this area through its tools and expertise.

Alstom's Avelia high-speed trains: combining technological innovation with the Group's commitment to social responsibility

Véronique Andriès, Vice-President of Sustainability & CSR at Alstom, and **Gaku Kawabe**, Vice-President of Alstom's High Speed platform

Alstom places social responsibility at the heart of its strategy, with an integrated approach across all its

activities. The company aims to be a player in sustainable mobility, aligning its actions with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs). Eco-design, recyclability, energy efficiency, reduced maintenance costs and the development of supplier networks while guaranteeing their performance and passenger comfort: in the United States as in France, the new Avelia high-speed trains illustrate our commitments.

The railway industry: a pillar of adaptation and decarbonisation in the face of climate change

Patrick Jeantet, President of the Federation of Railway Industries (FIF)

In the face of increasing extreme climate events, the French railway industry positions itself as a key player in the ecological transition. Through technological innovation, shared governance, and responsible investment, it combines infrastructure adaptation and rolling stock modernization to deliver a resilient, decarbonized, and high-performance system. This foundational commitment demonstrates the railway sector's ability to meet climate change challenges while ensuring the continuity and quality of public service for generations to come.

What alternatives to diesel are there for regional trains?

Jeanne-Marie Dalbavie, IKOS Lab

Faced with European decarbonisation targets (-55% emissions by 2030, carbon neutrality by 2050), the rail sector must replace the diesel locomotives that run on non-electrified regional lines. These lines account for 20% of traffic and 75% of the sector's emissions. Today, more than a dozen technological solutions are emerging: 100% battery-powered trains, hydrogen trains, biofuels, e-fuels, bioNGV, and hydrogen combustion engines. Each technology has different levels of maturity and varying performance depending on the operating context.

Strategic choices are complicated by the long service life of railway equipment (40 years for trains, 60 years for infrastructure), the impact on networks and operations, and the multiplicity of decision-making criteria: costs, environmental performance, territorial issues and industrial sovereignty. While battery and hydrogen trains offer the best decarbonisation performance, no single solution meets all criteria for all contexts. The resilience of the rail system will depend on the diversity of technological solutions adapted to regional and operational specificities.

Railway projects

Integrating the environment into station design and management

Marie-Gabrielle Reuille, CSR Director, SNCF Gares & Connexions, and **Simon Bergounioux**, Director

of Architecture and Environment, SNCF Gares & Connexions

To fully play their role in the growth of rail and sustainable mobility, necessary for the decarbonization of transport, French rail stations must meet the dual challenge of reducing their environmental impact while adapting to a changing climate, aligned with the French government's reference scenario. SNCF Gares & Connexions, as manager of France's 3,000 stations, integrates these issues throughout stations' lifecycle: from design to operation.

To achieve this, the company focuses on energy efficiency and sufficiency, renewable energy, and the eco-design of infrastructure and equipment, as well as a structured adaptation plan for 2050. The implementation of these actions requires the broad mobilization of stakeholders in the rail system.

The Grand Paris Express: beyond an infrastructure project, a laboratory for ecological transition

John Tanguy, Executive Director in charge of strategy, environment and innovation at Grand Paris Express and **Abdelfeteh Sadok**, Head of Circular Economy Strategy at Grand Paris Express

A major project for sustainable mobility in the Île-de-France region, the Grand Paris Express is also an open-air laboratory for rethinking how we build. Beyond its 200 km of automatic lines and 68 new stations connecting territories and limiting car use, it stands out as a unique methodological driver: by placing environmental constraints at the heart of the project, the Société des grands projets has shown they can be powerful levers for innovation and competitiveness. This "GPE method", tested at full scale, now aims to inspire the entire construction sector and spread more circular, resource-efficient and resilient practices far beyond Île-de-France.

Environmental legal issues and litigation risk management in railway infrastructure projects

Pascale Pessoa, Avocate of counsel at Frêche & Associés, and **Thomas Garancher**, Partner at Frêche & Associés

Major infrastructure projects, when they come to fruition, are often the result of decades of study and consultation.

The legal framework applicable to them has, as a result, often evolved significantly since the initial decisions that initiated them.

Environmental law, due to its particularly fluid nature, illustrates the challenges that addressing these developments poses for rail stakeholders, at all stages of projects up to and including their commissioning.

The procedures required for the construction of new infrastructure are multiple and complex, particularly when major changes in regulatory requirements have occurred since their inception.

Rail stakeholders will therefore have to exercise constant vigilance in the conduct of their projects, in a context of growing litigation.

The role of France's Transport Infrastructure Financing Agency for railways

Franck Leroy, President of the Grand Est Region

For 20 years, the French Transport Infrastructure Financing Agency (AFIT France) has played a key role in funding sustainable mobility, particularly rail transport. Drawing mainly on revenues from carbon-based transport (road and, to a lesser extent, air), it supports both major infrastructure and local projects, ensuring their long-term financing through multi-year planning.

Yet, while the ecological transition requires massive investment in rail, the Agency now faces the threat of closure, with no guarantee of continued funding. This paradox is especially concerning at a time when public and private actors need predictability to develop decarbonised mobility solutions.

Adapting to climate change

Employee health and safety in the face of climate change

Jean-Yves Bertho, MESEA

The consequences of climate change are visible with varying degrees of intensity, leading to extreme weather events: rising temperatures, drought, heat waves, fires, floods and storms.

The rail sector, like any other sector, is not immune to the need to adapt to this climate.

Based on scientific studies that model climate change in the coming century, the infrastructure manager's approach consisted of assessing the potential impacts on the SEA high-speed line, its operation, and maintenance.

But what about the employees who perform maintenance 7 days a week, year-round, and who are confronted with climate change? What safety measures are available? How can we act proactively to reduce the risks?

Facing climate change: what kind of resilience?

Nicolas Bauduceau, Director of the Consulting, Prevention & Emerging Risks Department at Caisse Centrale de Réassurance (CCR)

With natural disasters becoming increasingly frequent, resilience can no longer be limited to repair. It must become systemic: anticipating, preventing, adapting. This article explores the growing tensions surrounding the "Cat Nat" regime, the risks of uninsurability, and the opportunities offered by public prevention policy and individual adaptation. A dynamic of transformation

is underway under increasing pressure from financial companies.

Adapting the SNCF Group's real estate assets to climate change

Franck Lirzin, Director of Strategy and Real Estate Project Management, SNCF Group

Climate change has a significant impact on the SNCF Group's real estate assets (25,000 buildings of all types throughout France): it induces intensification of heat waves that make some maintenance workshops stifling, ground movements that weaken building structures, flash floods that threaten industrial facilities. Since 2022, the SNCF Group has initiated a proactive approach to better understand and manage these new emerging risks. Based on feedback from the first adaptation projects, this article formulates three proposals for effectively implementing resilience projects on its real estate assets.

Why don't rails warp when it gets too hot?

Benoit Chevalier, Director of the Climate Change Adaptation Programme at SNCF Réseau, and **Michel Triquet**, Head of the Track and Surroundings Department at SNCF Réseau

Steel tends to expand under the effect of heat, and railways are no exception. To prevent tracks from buckling, SNCF Réseau has the choice between two completely opposite approaches: either allow the rail expansion using a system of fishplates, or prevent it by using a long welded rail capable of withstanding pressures of several dozens of tons.

Railways as a system: balancing multiple environmental requirements

Land use planning: despite railways or thanks to them?

Clément Beaune, High Commissioner for Strategy and Planning, and **Maxime Gérardin**, High Commission for Strategy and Planning

Railways first revolutionised transport through speed, then had to reinvent themselves under pressure from road and air transport. Each time, they shaped our geography. Their benefits are numerous and undeniable, but their economic fundamentals, which involve economies of scale, lead to significant disparities in treatment between regions.

In the 21st century, where rail will be crucial, particularly for the climate and our energy independence, it is up to us to demonstrate the contribution of the rail system to regional development by explaining its redistribution mechanisms, taking a clear-eyed look at small lines and, above all, as part of a genuine service policy rather than a policy of new infrastructure, sparing no effort to

develop services that will bring maximum passenger and freight traffic to the railways, including outside high-traffic areas.

The environmental expectations of a rail transport organising authority

Roch Brancour, Vice-President of the Pays de la Loire Region

As a rail transport organising authority, the Region has an effective decarbonisation lever that it can combine with its environmental expertise. The Region can therefore pursue its ambition to help reduce greenhouse gas emissions by developing an ambitious mobility strategy that promotes the development of rail services to combine ecological transition, economic development and population growth.

In order to increase the positive environmental externalities derived from the development of rail transport services, it is essential to fully integrate it into all regional public policies. Acceptability also guarantees the effectiveness of rail policy in environmental terms, as it helps to increase modal shift. Finally, given the scale of the investment required, new financing methods and coordination between stakeholders are needed.

Trains and regional planning

Philippe Duron, Co-chairman of TDIE and Chairman of IHEDATE

As well as being a low-carbon means of transport, the train is also, and perhaps above all, a tool for regional development, giving as many people as possible the opportunity to reach more destinations while preserving the planet. This mission, which has been built up through successive political choices since the 19th century, has accompanied decentralization, and today contributes to the desire for more trains, from the point of view of both elected representatives and users.

Railways serving the environment: SNCF at the forefront of sustainable mobility

Muriel Signoret, CSR Director of the SNCF Group and Director of SNCF Gares & Connexions

Ten years after the Paris Agreement, the ecological transition is no longer an ideal, but an emergency. In France, transportation is the leading emitter of greenhouse gases, and the only sector whose emissions continue to grow. Due to its environmental performance, the train represents an immediate lever for decarbonization and must continue to grow, thanks to investments made in the rail network.

Beyond its ecological advantage, rail also carries industrial ambitions and constitutes an economic powerhouse and a driver of innovation for the country. With more than €15 billion in purchases made across all regions in 2024, SNCF is strengthening its local roots and supporting employment directly, by being the leading recruiter in France, and indirectly.

While amplifying its positive impact on society and regions, the group also intends to reduce its environ-

mental footprint. Decarbonizing its activities, developing the circular economy, and preserving biodiversity are its priorities. The railway thus embodies a concrete, fair and unifying ecology, which combines innovation, solidarity and sovereignty.

Developing regional projects based on a regional rail service that is not only environmentally friendly, but above all useful

Bruno Meignien and **Sophie Cariou**, Cerema

Railways must be useful to the regions they serve; reduced environmental impact is only a prerequisite (e.g. minimal noise pollution for local residents) as well as an advantageous corollary. The priorities of regional rail strategy must first and foremost respond to the potential of rail as a form of mass transport and its ability to structure the region.

Based on this potential, there are two keys to successful regional projects involving rail: good governance, in other words, bringing the right people to the table, i.e. people with a global vision of a fairly limited geographical area, both in terms of the region (organising authority) and technical aspects (operator); and a system sized to meet actual needs, which exploits technical potential at optimal cost to meet the identified passenger potential: the main levers of this three-term equation (demand, supply, cost) are – as for any industrial system – the frequency and acceleration of the service.

Reflections on the regeneration, modernisation and resilience of the railway system

Pierre-Alain Roche, Associate Member of the General Inspectorate for the Environment and Sustainable Development (IGEDD)

This article sets out, without claiming to be exhaustive, some of the challenges facing rail transport infrastructure in the coming years, focusing on issues relating to operational performance, robustness and resilience to natural risks in the context of climate change. Efforts are underway to define relevant investment strategies, but much remains to be done to ensure the sustainability of the rail system in the medium and long term. Financing issues are not addressed here as they are the subject of numerous ongoing discussions at the time of writing.

Environmental protection and mobility: what does the future hold for rail transport?

Prof. Yves Crozet, Transport Economics and Planning Laboratory (LAET-CNRS)

For decades, European and French public policy has emphasised the need to develop rail transport for both passengers and freight. This approach is based on the fact that rail is more environmentally friendly than other modes of transport. In economic terms, this means that its external costs are lower. Added to this is the fact that demand for rail transport services is growing, both for high-speed and conventional rail. However, despite

these clear advantages, the railways' market share is growing slowly. To understand this situation, it is necessary to take into account other private and public costs that effectively limit the prospects for rail development.

New entrants to develop an environmentally friendly and virtuous mode of transport and strengthen a strategic sector for France

Marco Caposciutti, President of the French Rail Association (AFRA) and **Solène Garcin-Berson**, General Delegate of AFRA

Faced with the climate emergency and the need to decarbonise transport, rail is emerging as a key lever thanks to its energy efficiency and low emissions. The opening up of the market is boosting this sustainable

mode of transport: it is enriching the offer, stimulating innovation and attracting new passengers, thus promoting modal shift. The arrival of new operators brings additional revenue to the infrastructure manager, improves service to different regions and enhances the economic viability of the system. It also encourages productivity gains, creates jobs and eases pressure on public finances.

This competitive dynamic benefits the entire system, including the incumbent operator, which emerges stronger. Far from weakening the system, market opening consolidates a pluralistic, efficient and resilient rail model, thus constituting a powerful lever for stimulating rail and responding to environmental, social and territorial challenges.

Issue editor:

Benoit Chevalier

Ont contribué à ce numéro



© Alstom SA 2024
Arnaud Février

Véronique ANDRIÈS est vice-présidente Sustainability & CSR du groupe Alstom depuis juillet 2024.

Elle possède plus de 22 ans d'expérience dans le secteur ferroviaire, avec une expertise en développement durable, RSE, écoconception, économie circulaire, efficacité énergétique, qualité de l'air et évaluation du cycle de vie.

Elle a rejoint Alstom en 2001 en tant qu'ingénierie experte en écoconception sur le site de Valenciennes Petite-Forêt.

Elle a ensuite occupé le poste de directrice de l'écoconception chez Alstom et a, en parallèle, assuré la coordination des Réseaux d'experts techniques (Core Competency Networks) d'Alstom.

Dans le cadre de ses fonctions chez Alstom, elle a par ailleurs été formatrice et conférencière dans plusieurs écoles d'ingénieurs (École des Ponts, Supméca, Centrale Lille).

Véronique Andriès promeut et défend les intérêts du secteur ferroviaire en tant que présidente du Comité de Transport Durable de l'UNIFE et est membre de divers comités de normalisation ainsi que du Comité Électrotechnique Français de l'Afnor. Elle est présidente du Comité Transport Durable de l'UNIFE depuis 2018 et membre active des comités UITP Développement Durable.

Elle est titulaire d'un doctorat en chimie organique de l'Université de Lille (Nord de la France) et a étudié le traitement de l'amiante en fin de vie dans le cadre d'un post-doctorat à la FAPESP (SP-Brésil).



D.R.

Nicolas BAUDUCEAU a rejoint les équipes de la Caisse centrale de Réassurance (CCR) en tant que directeur de Conseil en prévention et Fonds publics. Son expérience renforce l'expertise de la CCR en appui des pouvoirs publics et des assureurs pour impulser, déployer et évaluer la mise en œuvre de dispositifs de prévention des risques naturels sur le territoire français.

Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur agronome de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon et d'un DEA d'économie internationale (Paris II). Il débute sa carrière en 2000 au sein de l'Agence de l'eau Loire Bretagne sur des problématiques de vulnérabilité des exploitations agricoles face aux inondations. Il poursuit ses activités entre 2003 et 2006 au sein d'un cabinet

de consultants parisien sur des thématiques liées à la prévention des risques naturels, à l'environnement au développement rural et à l'évaluation des politiques publiques dans ces domaines.

De 2006 à 2017, il travaille au sein du Centre européen de Prévention du Risque d'Inondation (CEPRI), dont il devient le directeur scientifique et technique à partir de 2011, avant de rejoindre au début de l'année 2018 la CCR au sein de laquelle il développe un pôle dédié à la prévention des risques naturels. Expert dans le domaine de la prévention des catastrophes naturelles et intervenant dans différentes formations en France et à l'étranger, il exerce son savoir-faire auprès de l'État, des collectivités locales, des assureurs et d'organismes internationaux, qu'il accompagne depuis une vingtaine d'années.



© Arnaud Bouissou

Clément BEAUNE est diplômé de Sciences Po Paris, du Collège d'Europe et de l'École nationale d'Administration (ENA). Particulièrement reconnu pour son travail sur les affaires européennes, il a été conseiller spécial du président de la République sur les questions européennes, puis son conseiller G20. Il a ensuite été nommé ministre des Affaires européennes, puis ministre des Transports.

En 2022, il est également élu député de la 7^e circonscription de Paris. En mars dernier, il est nommé Haut-commissaire à la Stratégie et au Plan. Il a récemment publié un livre intitulé *Je dirai malgré tout que la politique est belle* (éditons Stock), dans lequel il partage une vision personnelle de l'engagement politique, qu'il considère comme une aventure exigeante mais profondément humaniste.



D.R.

Simon BERGOUNIOUX, formé à Polytechnique, aux Ponts ParisTech et à l'École d'architecture de Paris-Est, débute sa carrière au ministère de l'Équipement où il encadre les équipes en charge de la rénovation urbaine au sein de la DDE de l'Essonne. Il intègre le groupe SNCF en 2009. Au sein d'AREP (agence d'architecture pluridisciplinaire, filiale de SNCF Gares & Connexions), il débute en tant que chef de projet, d'abord à Paris puis à Lyon. Il devient ensuite responsable des équipes de maîtrise d'œuvre d'AREP à Lyon tout en assurant pour SNCF Gares & Connexions le rôle d'architecte référent pour le périmètre Auvergne-Rhône-Alpes.

Il a supervisé à ce titre de nombreux projets régionaux sur ce territoire, comme la restructuration des gares de Chambéry et de Clermont-Ferrand, la construction des nouvelles gares d'Annemasse et de Saint-Jean-de-Maurienne ou encore les pôles d'échanges multimodaux d'Issoire ou de Thonon-les-Bains. Son expérience et son engagement le conduisent à prendre la responsabilité des équipes régionales de maîtrise d'œuvre d'AREP fin 2016 puis à rejoindre la nouvelle équipe de direction en 2020.

Adjoint à la directrice de la Conception et de la Réalisation, il dirige alors la production de maîtrise d'œuvre des différentes implantations d'AREP en région (9 implantations, 70 collaborateurs). Il est également à la tête de la direction des Clients Industriels pour développer et mettre en œuvre les convictions d'AREP portant sur les architectures techniques et industrielles.

Depuis février 2025, il co-dirige la direction de l'Architecture et de l'Environnement de SNCF Gares & Connexions et en anime les équipes, notamment sur le périmètre régional. Très sensible à la question des mobilités sur les territoires peu denses et diffus, il s'attache à concevoir et mettre en œuvre des projets exemplaires et sobres, au plus près des ressources et besoins locaux, pour faire de la petite échelle un vecteur de transformation des usages et d'incarnation concrète de la transition écologique.



D.R.

Jean-Yves BERTHO est diplômé en génie électrique et d'un master en management. Il débute sa carrière en 1989 chez un constructeur de systèmes de protection et de régulation pour les réseaux électriques.

En 1993, il rejoint Vinci Énergies pour assurer plusieurs missions de direction opérationnelle dans les métiers du *contracting* et de la

maintenance au sein des activités industrielles et tertiaires (projets en France et à l'international) pendant 20 ans.

En 2012, il prend part à la construction de la ligne à grande vitesse Sud Europe Atlantique (LGV SEA) entre Tours et Bordeaux, longue de 300 km, en intégrant la direction de projet en tant que directeur Sûreté de fonctionnement. Il pilote notamment le dossier de sécurité en vue de l'obtention de l'autorisation de mise en exploitation commerciale de la ligne en juin 2017 auprès de l'établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF).

En 2017, il intègre MESEA, la société d'exploitation et de maintenance de la LGV SEA, en tant que directeur Sécurité, Qualité et Environnement.

Il met en place un système de management intégré (SMI), certifié en décembre 2021 selon 3 normes ISO 45001, 14001 et 9001 puis complété par l'obtention de la certification ISO 50001 en décembre 2024.

En mars 2022, il renouvelle l'agrément de gestionnaire d'infrastructure en pilotant la mise à jour et l'amélioration

ration du système de gestion de sécurité ferroviaire (SGS) pour la partie maintenance.



D.R.

Cyrille BLARD, architecte de formation, s'est engagé dans une démarche de conception écologique dans le bâtiment. Après plusieurs postes dans la transition écologique au sein du groupe SNCF, il développe l'économie circulaire pour le ferroviaire depuis plus de 10 ans à SNCF Réseau avec une vision stratégique, de la prescription jusqu'au développement de sites de production, pour démontrer la pertinence de la transition du modèle linéaire au circulaire.

La montée en puissance des questions d'économie circulaire lui a permis de créer une équipe pluridisciplinaire pour accélérer le passage à l'échelle industrielle. La performance et les externalités positives créées intéressent des acteurs au-delà du ferroviaire, en France et en Europe.



D.R.

Thierry BLAYAC est Professeur des universités en sciences économiques à l'Université de Montpellier et chercheur au Centre d'Économie de l'Environnement de Montpellier (UMR 5211 CEE-M, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro Montpellier). Il est spécialiste d'économie des transports.

Ses travaux de recherche portent une attention particulière aux problèmes de tarification des services de transport, à la valorisation des avantages non marchands (temps, fiabilité, environnement) ainsi qu'aux questions de concurrence. Il est membre du comité directeur de l'Association française d'Économie des Transports et réalise régulièrement des expertises pour des organisations et institutions nationales et internationales (Ademe, BAD, SGPI).



D.R.

Patrice BOUGETTE est Professeur des universités en sciences économiques à l'Université Côte d'Azur (EUR ELMI) et chercheur au GREDEG (CNRS, UMR 7321), qu'il a rejoint en 2009. Ses travaux portent sur l'économie de la concurrence, la régulation et l'articulation entre politiques publiques dans les industries de réseaux.

Il s'intéresse en particulier aux enjeux liés à l'ouverture à la concurrence et aux stratégies des acteurs dans les secteurs du transport (ferroviaire, bus, mobilité durable) et des plateformes numériques. Ses recherches récentes explorent les

dynamiques de concurrence dans un contexte de transitions environnementales et technologiques, ainsi que les implications de la régulation pour l'innovation et la soutenabilité.

Il co-encadre également des thèses de doctorat et des mémoires de master sur ces thématiques, en lien avec les problématiques de régulation économique, d'innovation et de transition écologique.



D.R.

Roch BRANCOUR est vice-président de la région des Pays de la Loire en charge des infrastructures, des transports et mobilités durables. À ce titre, il est vice-président du GART (Groupement des Autorités Responsables de Transports) et président de la Société Publique Locale Pays de la Loire Mobilités.

Il est également adjoint au maire d'Angers et vice-président d'Angers Loire Métropole en charge de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire.



D.R.

Marco CAPOSCIUTTI est diplômé en 1990 de l'Université de Pise en génie électrique. Il intègre Trenitalia en 1993 et occupe successivement plusieurs fonctions, notamment celles de responsable de la maintenance de la division Fret puis des trains à grande vitesse, avant de devenir directeur technique de Trenitalia en 2012.

En janvier 2024, il devient président de Trenitalia France pour renforcer et développer l'activité de Trenitalia sur le territoire français. Il est élu président du conseil d'administration de l'Association française du rail (AFRA) le 4 septembre 2025.

Marco Caposciutti est également impliqué dans l'organisation internationale des chemins de fer, notamment au sein de l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) et du Congrès mondial de la recherche ferroviaire.



D.R.

Sophie CARIOU est diplômée de l'École polytechnique (X99) et ingénieur en chef du Corps des Ponts, Eaux et Forêt (IPC04). Elle a commencé son parcours professionnel dans la recherche sur les géomatériaux. Après un Master of Sciences au MIT à Boston, puis une thèse à l'École nationale des Ponts et Chaussées, elle a été enseignant-chercheur à l'ENPC. Elle s'est ensuite orientée vers le management d'équipes et le pilotage de projets, et s'est concentrée sur l'environnement puis la qualité de vie des citoyens.

Sophie Cariou pilote aujourd'hui l'activité du Cerema sur la réduction des nuisances, qui inclut l'acoustique, les vibrations et la qualité de l'air extérieur. Dans ce cadre, elle a été directrice de programme pour la réalisation des cartes de bruit pour répondre à la directive européenne 2002/49/CE, et directrice du programme Qualité de l'air du Cerema, construit sur les astreintes du Conseil d'État de 10 M€.



D.R.

Benoit CHEVALIER, agrégé de mathématiques et ingénieur général des Ponts, a commencé sa carrière à Keolis au Royaume-Uni avant de rejoindre l'administration où il a notamment été conseiller du ministre de la Relance, puis sous-directeur de la Sécurité et de la Régulation ferroviaires à la direction générale des Infrastructures, des Transports et des Mobilités (DGITM).

Il a rejoint en 2017 SNCF Réseau, où il a été successivement directeur de la LGV Nord et directeur délégué à la stratégie, avant de se concentrer sur l'adaptation du réseau au changement climatique. Il est également enseignant à l'École Normale Supérieure.



D.R.

Yves CROZET est économiste, membre du Laboratoire Aménagement Économie Transports (LAET-CNRS), qu'il a dirigé de 1997 à 2007. Professeur à l'Université Lyon 2 de 1992 à 2010 puis à Sciences Po Lyon, il est Professeur émérite depuis 2015. Il a été secrétaire général de la Conférence mondiale sur la recherche dans les transports (WCTR) de 2010 à 2015. Il est aujourd'hui membre du conseil d'administration et vice-président du Comité National Routier (CNR), administrateur du CITEPA (Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique) et membre du conseil scientifique de TDIE (Transport Développement Intermodalité Environnement).

Depuis 2014, Yves Crozet est maire de la commune de Saint-Germain-la-Montagne (42). En 2016, il a publié aux éditions Economica un ouvrage intitulé *Hypermobilité et politiques publiques : changer d'époque ?*

Jeanne-Marie DALBAVIE est une ingénierie française diplômée de l'École polytechnique (major de la promotion 2009, filière PC) et de l'École des Mines de Paris depuis 2014. Après avoir débuté sa carrière chez Avencore en tant que consultante en performance industrielle, travaillant notamment sur des projets d'envergure dans l'aérospatial (Thalès Alenia Space), le luxe (Cartier) et les transports urbains (RATP), elle rejoint en 2017 IKOS Consulting, où elle occupe le



D.R.

poste d'ingénierie en management de l'innovation au sein de l'IKOS Lab.

Chez IKOS, elle se spécialise dans le secteur ferroviaire, gérant notamment le partenariat avec la société canadienne TransPod sur l'hyperloop, et collaborant avec SNCF Innovation & Recherche puis Adif et Renfe, pour mener des études sur les trains à batterie

et à hydrogène. Elle investigue également le domaine de l'énergie en développant le premier brevet d'IKOS Consulting : le "power ring", un convertisseur de puissance multi-entrées/sorties universel et modulaire pour l'intégration des énergies décarbonées. Cette réalisation marque un tournant dans le développement de cette compétence au sein de l'entreprise.

Reconnue pour ses talents, elle est finaliste des Trophées des Femmes de l'Industrie 2023 de *L'Usine Nouvelle* dans la catégorie « Femmes de R&D ». Polyglotte et internationale, elle pilote aujourd'hui des projets stratégiques et l'implantation de l'IKOS Lab en Espagne.



© UIC

François DAVENNE est diplômé de l'École nationale supérieure des télécommunications d'Évry (1988) et de l'École nationale d'Administration (ENA, promotion 1999).

Tout au long de sa carrière, il a constamment promu l'interdisciplinarité comme un facteur clé de succès. Après une première expérience dans les télécommunications par satellite à l'échelle internationale, il a occupé diverses fonctions dans le secteur du logement, mettant à profit ses solides compétences financières et juridiques. Il a participé à l'élaboration des politiques et de la réglementation du secteur et a dirigé d'importants programmes opérationnels, notamment pour la ville de Paris.

Après trois années passées au ministère français des Transports, où il a travaillé sur la sécurité ferroviaire et la réglementation, avec un accent particulier sur la réglementation européenne, il a été élu en 2012 secrétaire général de l'OTIF (Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires). De début 2013 à fin 2018, il a promu l'interdisciplinarité et le développement de partenariats afin d'élargir et de renforcer le cadre réglementaire uniforme applicable au transport international ferroviaire.

Il est directeur général de l'Union internationale des chemins de fer (UIC) depuis le 1^{er} juillet 2019.

Pierre de BELLABRE est diplômé de l'Institut d'études politiques de Rennes puis d'un master 2 Transports et mobilité de l'École des Ponts ParisTech et de l'École



D.R.

d'urbanisme de Paris. Il est le directeur du projet multimodalité de Haropa Port depuis avril 2024. Il a pour mission de définir la stratégie multimodale de Haropa Port et de suivre sa mise en œuvre. Cela comprend les sujets ferroviaires, fluviaux, routiers et de facilitation du passage de la marchandise.

Avant cela, il a débuté sa carrière chez Réseau ferré de France (RFF) en tant que chargé d'études socio-économiques pour la réalisation d'études de marché et de modèles de prévision de trafics pour le fret. Par la suite, il a rejoint le monde du conseil en stratégie et organisation et a accompagné de nombreux acteurs du transport.

Il dispose également d'une expérience professionnelle dans le domaine des services en ingénierie et a travaillé avec les grands industriels du secteur ferroviaire en les appuyant dans leurs projets d'ingénierie et de R&D, notamment dans le domaine de la signalisation ferroviaire.



D.R.

Raphaël DOUTREBENTE est président d'Europoorte (filiale de fret ferroviaire de Getlink) et président de l'Alliance 4F (Fret Ferroviaire Français du Futur). Ancien élève de l'École polytechnique, il est également diplômé en droit et détient un master de l'ESSEC.

Fort de sa solide expertise, il représente la filière dans les concertations nationales (rencontre avec le ministre des Transports, programme Ulysse Fret, conférence « Ambition France Transports »...) pour faire du fret ferroviaire un levier pour la souveraineté et de la stratégie climat et industrielle de la France.



D.R.

Philippe DURON, agrégé d'histoire, a mené une carrière politique marquée par plusieurs mandats locaux et nationaux. Successivement maire, député, président de la région Basse-Normandie, il a également présidé l'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFIT) de 2012 à 2017, puis le Conseil d'Orientation des Infrastructures (COI) de 2017 à 2022.

Co-président fondateur du *think tank* TDIE, il est aujourd'hui président de l'Institut des hautes études pour le développement et l'aménagement des territoires en Europe (Ihédate).



D.R.

Jean-Pierre FARANDOU est ingénieur diplômé de l'École des Mines de Paris. Il travaille pour la compagnie minière américaine Amax à Denver (Colorado) avant d'entrer chez SNCF en 1981. Après différents postes de responsable Production et Marketing, il devient chef de projet pour le lancement du TGV Paris – Lille en 1993. Il crée ensuite, à Bruxelles, la structure juridique de Thalys International dont il assure la direction générale de 1993 à 1998. Il est successivement directeur des Cadres RH de 1998 à 2000 et directeur adjoint Grandes Lignes de 2000 à 2002. Il dirige ensuite la région SNCF Rhône-Alpes dont le réseau TER est le plus important de France puis prend le poste de directeur général de Keolis Lyon, opérateur des bus, métros et tramways lyonnais. Il est nommé en octobre 2006 directeur de la branche SNCF Proximités, regroupant Transilien, TER, Intercités et le Groupe Keolis/Effia. En août 2012, il devient président du Directoire de Keolis.

Jean-Pierre Farandou est président du groupe SNCF depuis le 1^{er} novembre 2019.

En février 2023, Jean-Pierre Farandou a été élu pour 3 ans à la tête de Fer de France, l'association qui fédère les acteurs de la filière (autorités organisatrices, gestionnaires d'infrastructures, industriels, opérateurs et sociétés d'ingénierie).

Jean-Pierre Farandou a été décoré, le 5 novembre 2024, par l'Ukraine et a reçu l'ordre du Mérite selon un décret publié le 24 août par la présidence ukrainienne. Cette distinction récompense le soutien du groupe ferroviaire à l'Ukraine depuis son invasion en février 2022 par la Russie.



D.R.

Thomas GARANCHER est avocat associé. Il est responsable de la pratique de droit de l'environnement au cabinet Frêche & Associés, cabinet français indépendant dédié au conseil juridique et au contentieux en matière d'ouvrages immobiliers et d'infrastructures.

Il est avocat au barreau de Paris depuis 2003. Il a auparavant exercé en qualité de juriste dans

une entreprise du secteur de l'énergie dans le domaine du droit des ouvrages de production d'électricité, notamment nucléaires. Avant de rejoindre le cabinet Frêche & Associés en 2015 pour y développer la pratique de droit de l'environnement, il a exercé dans les domaines du droit public, de l'environnement, de l'urbanisme et de l'énergie au sein de cabinets français de droit des affaires.

Thomas Garancher est chargé de cours en droit de l'environnement à l'Université Paris IX Dauphine et titulaire du certificat de spécialisation en droit de l'environnement délivré par le Conseil national des Barreaux. Il

est l'auteur de plusieurs ouvrages juridiques et articles consacrés au droit de l'environnement et de l'énergie.



D.R.

Solène GARCIN-BERSON est diplômée du M2 Droit des affaires et fiscalité (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne / HEC) et titulaire du diplôme d'avocat. Elle a exercé la profession d'avocat en droit privé des affaires pendant près de 8 ans au sein d'un cabinet spécialisé en procédures contentieuses.

Elle rejoint l'AFRA en novembre 2019 en tant que directrice juridique. Elle assure le suivi des affaires juridiques de l'AFRA tant internes que relatives aux évolutions du cadre législatif et réglementaire du secteur ferroviaire, dans un environnement régulé et dans le contexte d'ouverture à la concurrence. Elle accompagne les membres de l'AFRA dans les problématiques juridiques sectorielles qu'ils rencontrent. Elle participe plus généralement à l'animation des travaux de l'AFRA et à la mise en œuvre de sa feuille de route. En 2022, elle a suivi le cycle Moisson-Desroches des jeunes dirigeants du ferroviaire porté par Fer de France.

En septembre 2023, elle est nommée déléguée générale de l'AFRA.



D.R.

Maxime GÉRARDIN est diplômé de l'École polytechnique, d'AgroParisTech et de PontsParisTech. Il a exercé au sein de l'État, notamment à l'Autorité environnementale nationale, et sur le terrain en exploitation de réseaux routiers.

Au Haut-commissariat à la Stratégie et au Plan, il contribue à des missions dans les champs de l'énergie, de l'industrie, des grandes infrastructures et de la décarbonation.



© SIPA Reynaud
Tristan

Pierre-Édouard GUILAIN est ancien élève de l'Institut national agronomique Paris-Grignon et de l'École nationale du génie rural, des eaux et forêts. Il a exercé plusieurs années à l'Office national des Forêts, tant en territoire qu'au siège. Il a contribué aux travaux d'élaboration de la loi biodiversité de 2016 au ministère de l'Environnement avant de diriger la Fondation sur la recherche sur la biodiversité (2014-2017).

Après avoir été conseiller chasse, forêt et écosystèmes terrestres au cabinet de la secrétaire d'État chargée de la biodiversité (2020-2022), il était adjoint à la directrice de l'eau et de la biodiversité au ministère de la Transition

écologique avant de rejoindre l'Office français de la biodiversité (OFB) en mars 2025 en tant que directeur général délégué Police, Connaissance, Expertise.

Cette direction veille à l'application du droit de l'environnement, développe la connaissance sur la biodiversité, contribue à la surveillance des milieux et apporte un appui scientifique et technique aux services de l'État et à tous les acteurs dépendants de la biodiversité. Elle pilote par ailleurs l'action de l'établissement sur les grands prédateurs terrestres.



D.R.

Patrick JEANTET, diplômé de l'École polytechnique et de l'École des Ponts et Chaussées, dispose d'une expertise de plus de 35 ans dans l'ingénierie, la construction et les transports. Après des débuts dans le génie civil au sein des groupes Bouygues et Vinci, il rejoint Keolis, d'abord comme directeur général adjoint international, puis directeur exécutif France.

Il poursuit sa carrière à Aéroports de Paris, occupant la fonction de directeur général délégué, avant d'être nommé président-directeur général de SNCF Réseau en 2016, puis président du directoire de Keolis en 2020. Depuis janvier 2024, il assure la présidence de la Fédération des Industries Ferroviaires, où il s'attache à renforcer la compétitivité, l'innovation et la décarbonation de la filière, fort de sa vision ambitieuse pour l'avenir du secteur.

© Alstom SA 2024
Arnaud Février

Gaku KAWABE est vice-président de la plateforme de matériel roulant à grande vitesse chez Alstom depuis novembre 2022.

Il a débuté sa carrière dans diverses organisations gouvernementales françaises en France et au Japon.

En 2008, il a rejoint Alstom en tant que directeur de programme pour les achats d'Alstom. Puis, au sein de la Région France d'Alstom il a occupé de multiples fonctions en lien avec les gammes de produits matériel roulant allant du tramway à la grande vitesse : chef de projet tramways, responsable de l'appel d'offres MP14 pour la RATP, directeur du développement commercial pour les régions françaises et les lignes interurbaines et enfin directeur Grand Compte SNCF Voyageurs.

Gaku Kawabe est ingénieur diplômé de l'École polytechnique et de l'École nationale des Ponts-et-Chaussées. Il est d'origine japonaise et française.

Florent LAROCHE est maître de conférences en économie à l'Université Lyon 2 et chercheur au Laboratoire d'Économie des Transports (LAET). Ses recherches se



D.R.

concentrent sur l'analyse des comportements de mobilité et l'évaluation des politiques publiques, en particulier dans le champ de l'économie des transports. Il intègre également la dimension du développement durable dans ses travaux, qu'il mobilise de manière transversale dans son enseignement et ses projets de recherche.



D.R.

Franck LEROY est titulaire d'une maîtrise de droit, qu'il obtient à l'Université de Lille II en 1984, et d'un DESS en administration publique et droit public interne obtenu en 1985 à l'Université de Paris 1. Il intègre ensuite l'Institut d'études politiques de Paris, dans la section politique économique et sociale, option « information et communication ».

En 1983, il entame sa carrière professionnelle en tant qu'assistant parlementaire du sénateur du Pas-de-Calais, Henri Elby. Il occupe par la suite un poste de chargé de mission auprès du directeur général des services de la région Champagne-Ardenne, où il est responsable du contentieux administratif et du service des assemblées jusqu'en 1990. Cette année-là, il suit Bernard Stasi à la mairie d'Épernay et devient son directeur de cabinet. De 1996 à 2000, il est directeur de cabinet de François Baroin, maire de Troyes.

En 2000, alors adjoint aux finances et à l'urbanisme d'Épernay, il prend la succession de Bernard Stasi. Franck Leroy est réélu maire en 2001, 2008, 2014 et 2020. Il est par ailleurs président de l'association des maires et des présidents d'intercommunalités de la Marne depuis 2017.

De 2005 à 2007, il est juriste dans un cabinet d'avocats. Le 8 janvier 2008, il prête serment comme avocat au barreau de Châlons-en-Champagne devant la cour d'appel de Reims.

En 2016, il fait son entrée au conseil régional du Grand Est, et est élu 15^e vice-président, puis 13^e vice-président un an plus tard. Après les élections de 2021, il est élu premier vice-président de la collectivité, en charge notamment de l'environnement, de la transition écologique et du SRADDET.

Le 13 janvier 2023, il est élu président de la région Grand Est. Il demeure président de la communauté d'agglomération d'Épernay, qu'il dirige depuis 2017.

Philippe Richert, ancien ministre, lui a remis le 25 juin 2021, les insignes de chevalier de la Légion d'honneur.

Le 5 juin 2024, par décret du président de la République Emmanuel Macron, Franck Leroy est nommé président de l'Agence de financement des infrastructures de transport de France.

Le 19 mars 2025, il est élu président de l'Assemblée des Régions Européennes Viticoles (AREV).



D.R.

Franck LIRZIN est polytechnicien (promotion 2003) et ingénieur en chef des mines (promotion 2008). Il est actuellement directeur de la stratégie et de la maîtrise d'ouvrage immobilière du groupe SNCF.

Précédemment, après un début de carrière au ministère de l'Économie et des Finances, il a créé et dirigé Homya, une foncière privée de logements. Il est l'auteur d'ouvrages de référence sur les transformations urbaines : *Paris face au changement climatique* et *Quand un arbre raconte le monde* (éditions de l'aube).



D.R.

Robert MATHEVET est actuellement coordonnateur pour le groupe SNCF des lignes Paris – Orléans – Limoges – Toulouse, Clermont – Paris et Bordeaux – Marseille. Il a une longue expérience des métiers du monde ferroviaire dans leur diversité.

Embauché à la SNCF il y a une trentaine d'années, il a alterné les missions opérationnelles ou au service de projets dans les domaines de l'exploitation des trains et des gares, en région et à Paris. Très attentif à orienter son action au bénéfice final du client voyageur ou fret, il a accompagné dans ses différents postes les transformations culturelle et organisationnelle de l'entreprise puis du groupe SNCF vers toujours plus de qualité de service, de performance et d'attention aux territoires.

Directeur d'établissement Exploitation Voyageurs et Fret de la région Languedoc-Roussillon puis de la gare du Nord à Paris, il a participé ensuite pendant une dizaine d'années au développement du produit TGV en étant directeur Production du TGV Atlantique puis directeur national de la Supervision TGV et de l'Information Voyageurs au sein de SNCF Voyages.

En intégrant SNCF Réseau en 2018, il a contribué aux progrès de la qualité de service délivrée en étant directeur de la Robustesse d'exploitation avant de prendre en charge sa mission actuelle, à la demande des PDG de SNCF Réseau et de SNCF Voyageurs ainsi que de la DG de Gares et Connexions.



D.R.

Bruno MEIGNIEN est ingénieur diplômé de l'École nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE, promotion 54), ainsi que de l'Institut d'Études Politiques (IEP – « Sciences Po ») de Grenoble, en double diplôme, et du mastère spécialisé « systèmes de transport ferroviaires et guidés » de l'École des Ponts ParisTech (2^e promotion « Bienvenue » 2009-2010).

Il est, depuis 2010, chargé d'études puis chef de projet ferroviaire, au Cerema. Données, analyses et prospective forment la base de ses missions, essentiellement tournées vers le TER, en particulier les petites lignes, et le fret.



D.R.

Pascale PESSOA est avocate *of counsel* en droit de l'environnement, inscrite au barreau de Paris. Elle a intégré le cabinet Frêche & Associés en 2018 après une précédente expérience de juriste en droit de l'environnement au sein d'une société de services aéroportuaires.

Elle assiste régulièrement, en conseil comme en contentieux, des porteurs de projets d'infrastructures linéaires, notamment ferroviaires.

Elle est membre du bureau du Cercle interprofessionnel du droit de l'environnement, association qui réunit les praticiens du droit de l'environnement (avocats, juristes, notaires, etc.) en vue d'échanger sur les actualités juridiques en la matière et de partager leurs pratiques respectives et retours d'expérience.

Elle a coécrit l'ouvrage *Mener une évaluation environnementale*, paru aux Éditions Le Moniteur en 2019.



D.R.

Marie-Gabrielle REUILLE, directrice RSE de SNCF Gares & Connexions, pilote depuis 2021 la feuille de route de transition des 3 000 gares françaises, définit la stratégie de développement durable et s'assure de sa mise en œuvre. Elle anime dans ce cadre de façon transverse près d'une quinzaine de chefs de projets dans diverses directions métiers.

Elle est en charge du *reporting extra-financier* (CSRD, taxonomie verte) de SNCF Gares & Connexions en articulation avec le groupe SNCF et sur l'ensemble des trois champs : environnement, social et gouvernance. Depuis 2023, elle porte la responsabilité opérationnelle directe du plan d'adaptation au changement climatique de SNCF Gares & Connexions et l'enveloppe d'investissements associée pour financer des solutions de résilience dans les gares.

Diplômée du CELSA en marketing et stratégie de marque, elle a près de 20 ans d'expérience au sein du groupe SNCF. Elle s'y est spécialisé dans la conduite de projets stratégiques et l'accompagnement des transformations avec notamment 5 années au sein de la filiale dédiée au conseil du groupe SNCF, SNCF Consulting.

Pierre-Alain ROCHE est président du comité stratégie et investissements de SNCF-Réseau et du conseil de surveillance de l'aéroport Marseille-Provence, pré-



D.R.

sident de l'IREX, membre de l'Académie des technologies, membre des conseils scientifiques de TDIE et de Mobil'Impulse, enseignant et chercheur associé à l'ENPC, consultant. Il est également officier de la Légion d'honneur, de l'ordre national du Mérite et chevalier des Palmes académiques.

Il a étudié à l'École polytechnique et à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Auparavant, il a été chercheur en hydrologie (1980), sous-directeur aménagement des eaux au ministère de l'Écologie (1983), directeur de services départementaux et régionaux du pôle ministériel de la Transition écologique (1990), directeur général de l'agence de l'eau Seine-Normandie (1998), directeur (administration centrale) des transports maritimes routiers et fluviaux (2006), directeur général adjoint du département des Hauts-de-Seine (2008), membre du CGEDD et de l'autorité environnementale, puis président de la section mobilités-transports de l'IGEDD (2014) ; président de la commission des comptes des transports ; rapporteur général du Conseil d'orientation des infrastructures (2018-2024).

Il est l'auteur d'une centaine d'articles, d'une trentaine de rapports (publiés ou non) et de plusieurs ouvrages.



D.R.

construire et mener une politique environnementale cohérente sur l'axe Seine.

Dotée d'une formation supérieure scientifique en environnement, elle dispose de plus de 20 ans d'expérience dans ce domaine en lien avec les activités portuaires. Son parcours professionnel au sein du port de Rouen, depuis 2001, d'abord en tant que chargée

d'études puis en tant que cheffe de service environnement, lui a permis d'acquérir des compétences techniques solides et une très bonne connaissance de l'estuaire de Seine et de son fonctionnement.



D.R.

Muriel SIGNORET, son diplôme de l'Institut d'études politiques (IEP) d'Aix-en-Provence (1998) et son Master en journalisme de la City University de Londres (2001) en poche, débute sa carrière comme journaliste dans la presse écrite. Curieuse et aventurière par nature, elle part à la découverte du monde et couvre la crise au Timor Oriental ou encore le coup d'État au Togo. Désireuse de passer

de l'observation à l'action, elle reprend ses études et passe le concours de l'École nationale d'Administration (Promotion Marie Curie). À sa sortie, elle intègre le ministère des Armées puis rejoint Public Sénat comme secrétaire générale.

Elle entre à la SNCF en 2020 et occupe le poste de directrice de cabinet du président-directeur général Jean-Pierre Farandou et directrice déléguée aux Territoires, aux Relations institutionnelles et à l'International. Mise en œuvre de la réforme ferroviaire, crise Covid, ouverture à la concurrence, investissements dans le réseau ferroviaire pour augmenter la part de marché du train : les chantiers de transformation sont immenses.

Elle rejoint SNCF Gares & Connexions en février 2023 en tant que directrice des gares de Paris-Lyon et Paris-Bercy Bourgogne Pays d'Auvergne pour préparer la Coupe du Monde de Rugby et les Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024.

Nommée directrice RSE du groupe SNCF au premier semestre 2024, elle construit une stratégie ambitieuse et pragmatique visant à renforcer l'impact positif du groupe SNCF sur la société et les territoires, d'une part, et réduire son empreinte environnementale, d'autre part. Au titre de ses fonctions, elle intègre le comité exécutif du groupe. Elle est aussi administratrice de SNCF Gares & Connexions.



© Claire-Lise Havet

Abdelfeteh SADOK, ingénieur et docteur de l'École des Mines de Douai, a débuté en bureaux d'études avant de rejoindre le Grand Paris Express (GPE) comme conducteur de travaux, puis la maîtrise d'ouvrage à la Société des grands projets. Sa thèse, soutenue en 2016, explore notamment l'intégration de l'IA dans le BTP pour optimiser l'impact environnemental des

projets. Aujourd'hui responsable de la stratégie économie circulaire, il impulse une vision opérationnelle pour transformer la filière.

Co-auteur du schéma cadre d'économie circulaire et architecte de Circulence®, solution *open source* de pilotage de la circularité, il articule recherche scientifique et innovation appliquée au sein d'une entreprise qui place l'innovation au cœur de sa stratégie de décarbonation. Son engagement au GPE vise à développer et diffuser une « méthode SGP » ouverte pour inspirer de nouveaux standards plus sobres, circulaires et résilients.

Sandrine SAMSON est directrice du projet Transition écologique et énergétique de Haropa Port. Sa mission vise à porter la politique de transformation écologique et énergétique du modèle portuaire pour l'atteinte d'objectifs environnementaux ambitieux, en phase avec les engagements nationaux et internationaux, et à

John TANGUY est directeur exécutif en charge de la stratégie, de l'environnement et de l'innovation à la Société des grands projets (SGP). Il dispose de 20 ans d'expérience dans le domaine de la stratégie,



© Patrick Gaillardin

de l'environnement et de l'innovation et a co-fondé plusieurs entreprises. Il est notamment chargé de piloter la stratégie environnementale de la SGP en lien avec la conduite du projet Grand Paris Express et des futurs projets (en particulier sur la stratégie de décarbonation du projet, l'économie circulaire et les actions en faveur de la biodiversité).

John Tanguy est également membre du comité de mission de CDC Biodiversité et vice-président de l'association Filières Hors site France.



D.R.

Michel TRIQUET, ingénieur Arts et Métiers et diplômé du Centre des Hautes Études de la Construction (CHEC), a débuté sa carrière chez Eiffage Construction Métallique avant de rejoindre la SNCF en 1995, où il a exercé divers postes en études et travaux de construction d'ouvrages d'art, avant d'intégrer en 2015 le département Voie et Abords qu'il dirige depuis 2023.

Il enseigne également au CHEC et pour la formation continue de l'École des Ponts.



D.R.

Charlotte WIATROWSKI a étudié à l'École polytechnique de 2016 à 2020. Elle y a effectué un cycle d'ingénieur polytechnicien puis un master d'économie en partenariat avec l'ENSAE. Elle a ensuite choisi de travailler dans l'industrie, où elle a systématiquement occupé des postes en lien avec l'environnement. Sa première entreprise, Lyondellbasell, est un grand groupe de l'industrie chimique basé aux Pays-Bas et États-Unis. Depuis leur siège européen de Rotterdam, elle a développé des débouchés pour les déchets plastiques issus de la production, puis a été chargée de projets pour développer depuis ses débuts le département consacré aux plastiques recyclés et biosourcés.

Depuis septembre 2023, Charlotte Wiatrowski a rejoint la SNCF en tant que responsable RSE pour la SNCF Matériel. Cette entité est la direction industrielle de SNCF Voyageurs, qui centralise notamment les fonctions d'ingénierie appliquée aux trains ainsi que la maintenance lourde des trains, mais aussi des fonctions clés comme les achats et la logistique liée aux trains neufs et à leurs pièces. Elle a pour mission d'organiser la décarbonation, l'économie circulaire et l'adaptation au changement climatique pour toutes les branches de cette direction industrielle. Ce poste, créé à son arrivée, a donné lieu à la création d'une petite équipe

qui s'appuie sur des relais dans chacun des métiers et établissements de SNCF Matériel.



D.R.

Flora YILMAZ, titulaire d'une formation en communication et commerce international, a d'abord travaillé sur la communication de SNCF Gares & Connexions avant de mettre ses compétences au service des enjeux climatiques au sein de SNCF Réseau.

En tant que chargée de projet, elle anime les actions de la communauté de l'adaptation au changement climatique, mobilisée autour de la résilience des infrastructures ferroviaires face aux aléas environnementaux.