

5

L'adaptation du réseau ferroviaire national au changement climatique

PRÉSENTATION

Le réseau ferroviaire, constitué de plus de 27 000 km de lignes, est structurellement vulnérable aux événements météorologiques extrêmes qui touchent le territoire métropolitain : les équipements électroniques et métalliques (voies, caténaires) sont sensibles à la température, les voies et leurs assises sont exposées aux inondations et ruissellements, etc. Cette vulnérabilité intrinsèque est pour partie liée à l'ancienneté du réseau. En outre, la vétusté de certaines composantes de l'infrastructure accentue leur sensibilité aux aléas météorologiques.

Vents violents, fortes pluies, foudre, fortes chaleurs, grands froids provoquent chaque année des milliers d'incidents, du retard de quelques minutes à la fermeture de voies pour remise en état. Les gestionnaires du réseau ferroviaire doivent donc composer au quotidien avec les aléas météorologiques et s'y adapter. Or, les tendances qui se dégagent des modèles de prévision climatique montrent un accroissement de la pression des aléas météorologiques sur le réseau ferroviaire, malgré la raréfaction des épisodes de grands froids en plaine.

SNCF Réseau a été la première entité au sein du groupe ferroviaire national à engager une réflexion sur les risques accrus par le changement climatique et à mener des études de vulnérabilité physique du réseau. Un comité stratégique sur l'adaptation au changement climatique se réunit deux fois par an au niveau du groupe et une étude de vulnérabilité est actuellement en cours au sein de SNCF Gares et connexions.

Les conséquences opérationnelles et financières du changement climatique sont encore mal connues. Ces données sont pourtant essentielles à la mise en place des programmes d'investissements à venir. S'il est hors de portée financière et peu pertinent de mettre l'ensemble du réseau historique aux normes les plus exigeantes, l'investissement à consentir pour le régénérer et le moderniser doit être mis en regard des coûts qu'occasionnerait une absence d'adaptation au changement climatique.

Au vu de la vulnérabilité physique du réseau ferroviaire, accentuée par la vétusté de certaines de ses composantes, les conséquences du changement climatique sur sa fiabilité pour les usagers et l'évolution de son équilibre économique ne sont pas encore suffisamment connues pour éclairer les choix stratégiques d'adaptation (I). La mise en œuvre d'une démarche d'adaptation nécessitera une structuration de l'action des gestionnaires d'infrastructure mais également une plus grande implication des pouvoirs publics pour définir un niveau de résilience cible et veiller à ce que les gestionnaires d'infrastructure puissent le décliner dans des plans d'adaptation opérationnels (II).

I - Des conséquences opérationnelles et financières encore mal connues

Dans un contexte où le changement climatique se traduira par une augmentation des événements météorologiques extrêmes, les gestionnaires d'infrastructure SNCF Réseau et SNCF Gares et connexions doivent se doter d'outils d'identification des conséquences opérationnelles et de mesure des coûts induits par les vulnérabilités du réseau.

A - Une vulnérabilité au changement climatique accrue par la vétusté du réseau

1 - Des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et plus intenses

Plus qu'à la température moyenne, l'infrastructure ferroviaire est sensible aux fortes chaleurs et aux grands froids. Or les modèles climatologiques (cf. chapitre de cadrage) font apparaître, outre une évolution à la hausse des températures moyennes annuelles et estivales, une augmentation des épisodes de fortes chaleurs, de trois à quatre fois plus fréquents par rapport à la situation actuelle dans le scénario RCP 4.5 et de cinq à dix pour le scénario 8.5 du GIEC. À l'inverse, les périodes de gel devraient devenir rares en plaine dès 2050. Dans les zones montagneuses, les successions d'épisodes de gels et dégelés pourraient être plus fréquentes.

La France devrait également connaître des épisodes de sécheresse plus marqués entraînant une augmentation des feux de végétation et des risques de déstabilisation des sols par les phénomènes de gonflement et de retrait des argiles. Comparées à la situation actuelle, les simulations des scénarios RCP 4.5 et 8.5 du cinquième rapport du GIEC³⁴³ montrent respectivement une augmentation de l'ordre de cinq jours et dix jours de sécheresse par an. L'ensemble du territoire pourrait être concerné, mais la moitié ouest du pays ainsi que le pourtour méditerranéen seraient plus affectés.

Les modèles climatiques du rapport DRIAS³⁴⁴ 2020 anticipent, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des fortes pluies, les régions les plus exposées étant celles de la moitié nord, notamment aux frontières du Nord et Nord-Est et sur le littoral de la Manche.

2 - Une vulnérabilité intrinsèque accrue par l'ancienneté du réseau et par la vétusté de certains éléments

a) Une infrastructure structurellement vulnérable

Dans les gares de voyageurs, les aléas climatiques se traduisent surtout par des problèmes de confort des voyageurs et de maintenance. Les retraits/gonflements des argiles peuvent cependant être à l'origine de dégâts significatifs sur la structure des bâtiments³⁴⁵. Certaines gares sont également exposées aux inondations : en octobre 2015, la gare de Cannes a ainsi dû être fermée pendant 48 heures en raison de pluies diluviennes.

Les voies ferrées, constituées de rails en acier fixés à des traverses et maintenus en position par le ballast, sont un ensemble solidaire qui guide le train et absorbe les contraintes imposées par son poids et sa vitesse. Elles doivent aussi résister aux autres forces qui s'imposent à elles, notamment les éventuels mouvements du terrain et la dilatation des rails.

³⁴³ Pour plus de détails, voir chapitre introductif.

³⁴⁴ « Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements » (DRIAS).

³⁴⁵ Cf. Cour des comptes, *Sols argileux et catastrophes naturelles - Des dommages en forte progression, un régime de prévention et d'indemnisation inadapté*, communication au Comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques de l'Assemblée nationale, février 2022.

Les voies courent le long d'ouvrages en terre (déblais, remblais) et sont jalonnées d'ouvrages d'art (tunnels, ponts, etc.). Ce sont les éléments dont la durée de vie est la plus longue, de l'ordre du siècle ; les ouvrages en terre n'ont d'ailleurs pas vocation à être remplacés sur l'ensemble du linéaire. Leur stabilité dépend notamment de facteurs météorologiques et hydrogéologiques.

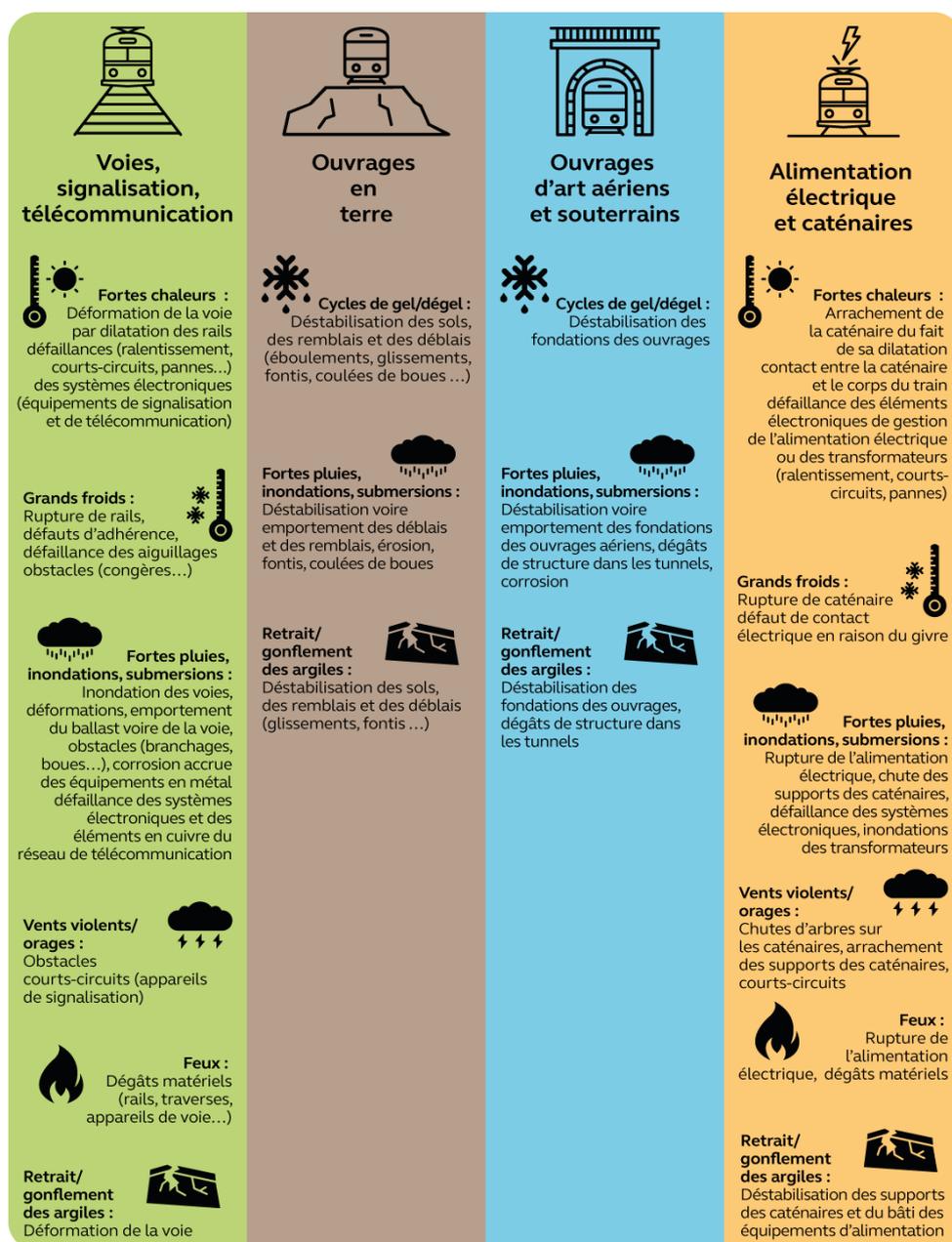
Les voies sont également équipées de postes et d'appareils de signalisation et de guidage, qui permettent de connaître la position du train, de contrôler sa vitesse et sa trajectoire et de manœuvrer à distance des systèmes de sécurité (barrières aux passages à niveau par exemple). L'informatisation progressive de ces équipements les rend plus performants mais aussi plus vulnérables au climat. Malgré des normes de construction exigeantes, une parfaite étanchéité n'est pas garantie et la résistance aux chaleurs extrêmes des abris techniques qui les hébergent, est limitée à 70°C³⁴⁶.

Enfin, les voies électrifiées (environ 15 000 km) sont équipées de caténares elles-mêmes alimentées par un réseau de transport et de transformation de l'électricité géré par SNCF Réseau.

Les principales vulnérabilités de l'ensemble de ces éléments sont reprises ci-après.

³⁴⁶ Des températures supérieures à 60 ° C ont déjà été mesurées sur les toits en tôle dans la zone de Ballan Miré - Joué lès Tours, dans le cadre de l'expérimentation sur des revêtements isolants visant à rehausser ce degré de résistance.

**Schéma n° 16 : vulnérabilités physiques du réseau
aux aléas climatiques rencontrés**



Source : Cour des comptes, d'après données SNCF Réseau

b) Un réseau ancien et parfois vétuste

Le réseau ferroviaire français se compose de 2 136 km de lignes à grande vitesse, 13 999 km de lignes à trafic fort ou moyen (catégories 1 à 6 de l'Union Internationale des Chemins de fer - UIC) et 11 078 km de lignes à faible trafic (UIC 7 à 9)³⁴⁷. Outre cette diversité d'usage, le réseau ferroviaire réunit un ensemble de composantes très hétérogènes, reflétant plus d'un siècle de conceptions et de technologies.

Le réseau classique a souvent été construit sur des points bas (contrainte de pente), avec des marges de sécurité inférieures à celles pratiquées aujourd'hui et sur la base d'historiques météorologiques datés. La crue du Rhône de décembre 2003 a, par exemple, largement excédé le précédent pic de 1856, contraignant SNCF Réseau à réaliser de lourds travaux sur les ouvrages hydrauliques de la voie ferrée entre Tarascon et Arles afin de restaurer sa transparence hydraulique³⁴⁸, pour un montant de travaux de l'ordre de 100 M€. À l'inverse, les lignes à grande vitesse (LGV) bénéficient à la fois de normes de construction plus exigeantes et d'un tracé moins exposé aux aléas. Par exemple, lors de l'épisode cévenol de 2021 dans le Gard et l'Hérault, la ligne classique et la route ont été inondées mais pas la ligne nouvelle construite entre Nîmes et Montpellier.

L'ancienneté des technologies présentes sur le réseau historique obère aussi sa capacité à absorber tant les exigences du trafic ferroviaire actuel que les contraintes météorologiques, les deux pouvant se cumuler. Ainsi, les premières caténaires posées sur le réseau ne bénéficiaient d'aucun dispositif de régularisation, c'est-à-dire de systèmes de contre-poids permettant de compenser mécaniquement les phénomènes de dilatation ou de contraction du métal en fonction de la température. La durée de vie des caténaires étant de l'ordre de 80 à 100 ans, il existe encore un linéaire significatif de conducteurs non régularisés ou seulement partiellement (caténaires de type « Midi » et « Compound »)³⁴⁹. Même lorsque les caténaires sont équipées, les plages de régularisation³⁵⁰ restent variables : 45 °C pour les plus anciennes, 70 °C pour les plus récentes et même 80 °C sur les LGV.

L'audit externe sur l'état du réseau réalisé en 2022 a constaté la persistance des difficultés liées à la vétusté de certaines composantes de l'infrastructure malgré les efforts de régénération entrepris, ce qui peut se traduire par une moindre résilience aux aléas climatiques.

³⁴⁷ Source : Audit sur l'état du réseau 2021 réalisé par IMDM pour SNCF Réseau.

³⁴⁸ La transparence hydraulique est l'aptitude que possède un ouvrage ou un aménagement à ne pas faire obstacle aux mouvements des eaux.

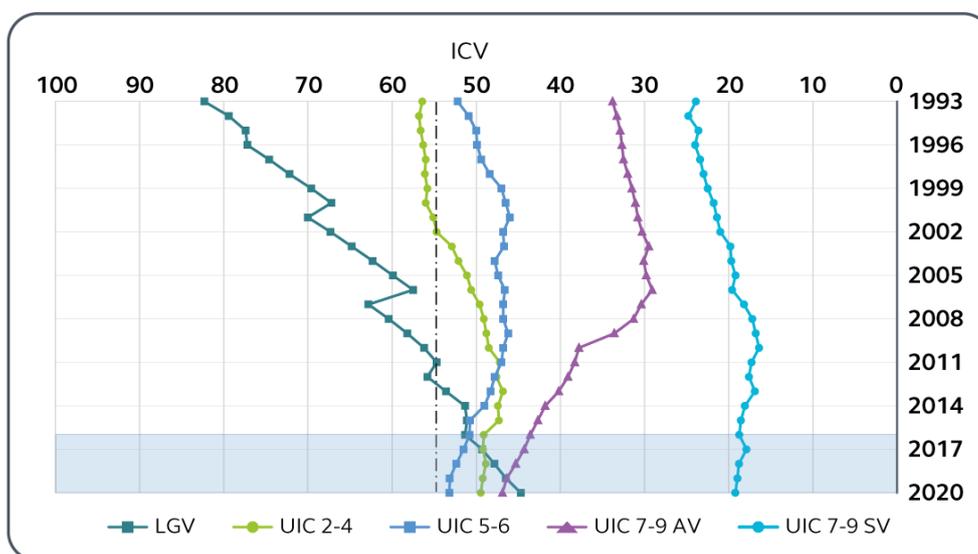
³⁴⁹ En 2018, le rapport d'audit du réseau faisait état de 800 km de voies équipées de caténaires de type « Midi » dépourvues de tout dispositif de régularisation.

³⁵⁰ La plage de régularisation correspond à l'amplitude thermique couverte par le système des contre-poids. Au-dessus de la température maximale, les contrepoids reposent sur leur butée et ne jouent plus leur rôle de tenseur.

Par exemple, l'usure des différentes composantes de la voie ferrée amoindrit sa capacité à absorber les forces qui s'exercent sur elle, dont la dilatation des rails. Une voie usée devra faire l'objet d'une surveillance renforcée, voire de limitations temporaires de vitesse, à des niveaux de température inférieurs à ce qu'elle peut nominalement supporter (souvent, 70 °C au niveau du rail, soit environ 50 °C ambiants) pour prévenir les déformations au passage des trains.

Le graphique ci-dessous retrace l'évolution de l'indice de consistance de la voie qui est l'outil utilisé par SNCF Réseau pour mesurer la vétusté de ses voies (ICV). L'indice optimal est fixé à 55, une voie neuve étant cotée à 100. Il s'est dégradé entre 1993 et 2017, sauf pour les voies de catégorie UIC 7 à 9 avec voyageurs. Depuis cinq ans, on note une légère amélioration de la consistance des voies des groupes UIC 2 à 4 (soit l'essentiel des réseaux de transit de masse et de haute performance) et UIC 5 à 6. L'ICV des petites lignes de fret (UIC 7 à 9 sans voyageurs) demeure très faible et celui des lignes à grande vitesse a continué à baisser.

Graphique n° 32 : évolution de l'indice de consistance des voies entre 1993 et 2020



Source : rapport de la mission d'audit sur l'état du réseau ferré national - 2021

Les voies considérées comme trop vétustes (voies dites hors d'âge) représentent encore 18 % du linéaire classé en UIC 2 à 4 et 15 % du linéaire classé en UIC 5 et 6. L'audit externe de 2022 conclut que « l'effort de rattrapage n'est pas terminé ».

De la même façon, le réseau des télécommunications ferroviaires reste constitué de 33 000 km de fils de cuivre, souvent mal isolés et sensibles aux inondations, contre 27 765 km de fibre optique, résistante face au changement climatique.

3 - Des diagnostics de vulnérabilité physique à affiner

a) Une augmentation du niveau de risque et de la part exposée du réseau

SNCF Réseau a réalisé plusieurs études de vulnérabilité selon deux scénarios du GIEC, le RCP 4.5 et le RCP 8.5 et deux horizons temporels distincts, 2030 à 2050 et 2080 à 2100. Elles révèlent une augmentation de la part du réseau ferré national (RFN) concerné par des risques considérés comme forts ou très forts. Le génie civil est particulièrement exposé aux risques de retrait/gonflement des argiles et d'inondations par ruissellement, tandis que le génie électrique est très affecté par l'augmentation des fortes chaleurs.

Tableau n° 22 : pourcentage de linéaire de voies du RFN affectées par type et intensité de risque (risque fort et très fort)

	Fortes chaleurs	Feux de végétation	Retrait/gonflement des argiles	Inondations par ruissellement	Inondations par débordement	
Génie civil	REF					
	4.5 2050		6%		13%	
	4.5 2100		7%	15%	19%	18%
	8.5 2050		9%	14%	32%	12%
	8.5 2100		27%	24%	55%	20%
Génie Électrique	REF					
	4.5 2050	20%	9%	9%	5%	5%
	4.5 2100	22%	14%	17%	13%	7%
	8.5 2050	24%	15%	15%	16%	5%
	8.5 2100	44%	18%	22%	18%	8%

Source : Analyse de la résilience au changement climatique du réseau ferré national – focus sur les vulnérabilités physiques – SETEC/ Risk Weather Tech/ SNCF Réseau (2023)

Note : le dégradé de couleur du jaune au violet correspond à l'évolution du linéaire concerné pour les niveaux de risque fort à très fort par rapport à la situation de référence.

SNCF Gares et connexions a lancé en 2023 une étude de vulnérabilité dont les résultats ne sont pas encore connus.

b) La nécessité d'une analyse prédictive des vulnérabilités du réseau

Au-delà de ces premiers travaux, qui devront être poursuivis à l'échelle régionale et mieux intégrer les aléas climatiques plus rares tels que les submersions marines et les phénomènes d'embruns ou les effets de l'augmentation des épisodes de gel/dégel sur la stabilité des sols en montagne, SNCF Réseau et SNCF Gares et Connexions devront développer des outils de diagnostic et de surveillance prédictifs, en particulier pour les aléas risquant d'affecter les actifs les plus nombreux et les moins bien documentés comme les ouvrages en terre. Les outils de maintenance prédictive qu'a développés SNCF Réseau, tels que l'outil Toutatis de gestion des risques liés aux fortes pluies, permettent d'anticiper la réaction à cet aléa en temps réel, mais sans pouvoir modéliser les effets du changement climatique.

Or, dans un contexte de changement climatique, l'approche actuelle, qui s'appuie sur une analyse rétrospective des risques fondée notamment sur l'historique des ouvrages et les zones de fragilité repérées lors des tournées, pourrait amener le gestionnaire de réseau à avoir trop souvent un temps de retard. SNCF Réseau, en coopération avec SNCF Gares et Connexions, devraient développer des initiatives plus prospectives sur le modèle du projet MINERVE de modélisation du réseau ferroviaire sous la forme d'un « jumeau numérique », qui devrait permettre à terme de disposer de simulations sur toute l'infrastructure.

B - L'absence d'évaluation des effets du changement climatique sur la performance du réseau

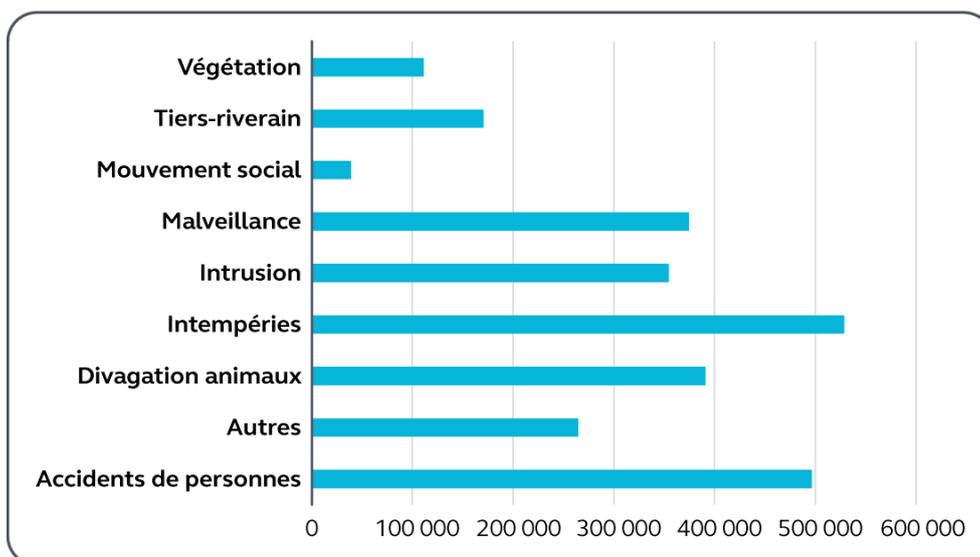
Les conséquences des événements météorologiques sur la fiabilité du réseau, ses coûts de fonctionnement, les dépenses d'investissement induites ou encore le produit des péages ne sont pas suivies en tant que telles et de façon exhaustive dans les outils de gestion des deux entreprises. Les études existantes ne donnent donc encore qu'une vision incomplète des effets du changement climatique sur la performance de l'infrastructure.

1 - Une vision partielle des risques liés au changement climatique sur l'exploitation du réseau

a) Une hausse prévisible de l'indisponibilité à moyen terme

Les intempéries génèrent des désordres sur l'infrastructure et donc des irrégularités imputées à SNCF Réseau. En 2022, le taux d'irrégularité³⁵¹ global du système ferroviaire s'est établi à 10,6 %. SNCF Réseau a été à l'origine d'un tiers de ces irrégularités. 46 % des irrégularités imputables à SNCF Réseau relèvent de causes externes qui se répartissent comme suit :

Graphique n° 33 : répartition des minutes perdues pour causes externes en 2022 imputables à SNCF Réseau



Source : SNCF Réseau

En 2022, les intempéries ont été à l'origine de 19 % des minutes perdues imputables à SNCF Réseau pour causes externes. À titre illustratif, au cours de la période 2019-2021, les principales causes d'incidents ont, en moyenne, été les vents forts et les orages (41 %), les pluies violentes (21 %), suivis du givre et de la neige (20 %) et des fortes chaleurs (12 %), mais il existe de fortes variations d'une année à l'autre.

³⁵¹ Entendu comme le ratio entre la somme des trains commerciaux arrivant avec 5 minutes 59 secondes et plus de retard à l'arrivée et la somme de tous les trains commerciaux circulant sur la même période

Les dysfonctionnements relevés dans les gares sont rarement d'origine météorologique et génèrent relativement peu d'irrégularités.

Les premiers travaux sur la vulnérabilité fonctionnelle du réseau au changement climatique ne sont pas encore disponibles. SNCF Réseau a toutefois effectué une première appréciation du risque d'augmentation de l'indisponibilité du réseau du fait des intempéries sur la base d'une projection de la fréquence des événements météorologiques extrêmes³⁵² selon les scénarios du GIEC. L'étude conclut à une multiplication des irrégularités par 2,2 à horizon 2050 et par 8 à horizon 2100 sur la base du scénario RCP 4.5, et à une multiplication par 2,4 à horizon 2050 et par 11 à horizon 2100 dans le scénario RCP 8.5 du GIEC.

Ces résultats sont cependant sous-évalués, les irrégularités journalières utilisées dans cette étude ne prenant notamment pas en compte les annulations du fait de la fermeture des lignes pour travaux de réparation. Les conséquences opérationnelles du changement climatique pourraient donc être plus importantes que ce qui est actuellement mesuré ou projeté. Elles ne peuvent cependant être précisément appréciées que par des études à l'échelle des axes ferroviaires, les conséquences pour le trafic de la fermeture d'une ligne dépendant du maillage du réseau.

b) Un changement climatique non encore pris en compte dans le système de management de la sécurité ferroviaire

D'une manière générale, SNCF Réseau privilégie la sécurité ferroviaire et interdit la circulation des trains lorsque des épisodes météorologiques violents sont prévus. Dans le cadre du management des risques naturels, SNCF Réseau suit cinq risques météorologiques qui figurent tous à des niveaux de fréquence élevée : vents violents, fortes chaleurs, froid extrême, foudre et risques liés aux précipitations et inondations. Ces deux derniers sont cotés parmi les risques naturels dont la gravité est la plus élevée.

Selon les données de l'établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF), sur l'ensemble des incidents impliquant la sécurité ferroviaire, les intempéries ont été à l'origine de 33 accidents significatifs³⁵³ sur la période 2015-2022 (pour 120 à 150 accidents significatifs par an³⁵⁴). Deux accidents ont entraîné des blessures graves.

³⁵² Augmentation de la fréquence des phénomènes de fortes chaleurs et de fortes pluies de période de retour de 10 ans ou de 50 ans actuellement, stabilité des vents violents et des orages, nette diminution des épisodes de neige et gel.

³⁵³ La directive (UE) 2016/798 du 11 mai 2016 définit l'accident significatif comme tout accident impliquant un véhicule ferroviaire en mouvement et provoquant la mort ou des blessures graves pour au moins une personne ou des dommages matériels significatifs (150 000 €) ou des interruptions de circulation de six heures ou plus.

³⁵⁴ Hors année 2020, non significative en raison des conséquences de la crise sanitaire sur les circulations ferroviaires.

Le risque que pourrait faire peser le changement climatique sur la sécurité ferroviaire n'est pas analysé en tant que tel, même si l'EPSF envisage de mener une réflexion sur ce sujet. Les risques météorologiques restent appréhendés dans une logique rétrospective d'identification des causes qui, par construction, ne tient pas compte de l'évolution future du climat. Les données recensées ne s'inscrivent pas dans un référentiel de suivi permettant de garantir la qualité et l'homogénéité des remontées d'information sur les incidents causés par un aléa météorologique.

2 - L'absence de mesure des coûts des aléas climatiques

SNCF Réseau ne dispose pas d'outils fiables de suivi des pertes de recettes et des coûts occasionnés par les intempéries, en investissement comme en fonctionnement. Les projections à moyen et long terme constituent donc un exercice délicat, dont les résultats ne peuvent être considérés que comme des ordres de grandeur provisoires.

a) Une première estimation des pertes d'exploitation

Une étude de SNCF Réseau, menée en 2022, estimée à 530 000 € par an, entre 2018 et 2021, les pertes de péages liées aux trains supprimés. Sur cette base, ces pertes pourraient, selon les scénarios 4.5 et 8.5 du GIEC, dépasser 1 M€ par an en 2050, et atteindre respectivement 4,2 M€ et 5,8 M€ en 2100, pour un chiffre d'affaire total de SNCF Réseau de 8,2 Md€ en 2022 dont 7 Mds de péages. SNCF Réseau reconnaît cependant que ces évaluations sont très sous-estimées du fait des limites des outils de suivi des suppressions de trains et de péages.

Ces pertes ne reflètent en outre que très partiellement le coût pour le système ferroviaire dans son ensemble. La fermeture durant un mois de la voie entre Montpellier et Béziers à la suite des inondations de 2019 a occasionné des pertes d'exploitation pour l'entreprise ferroviaire SNCF d'un montant de 17,5 M€, nettement plus élevé que le coût de réparation des dégâts constatés sur la voie par SNCF Réseau (4,1 M€).

L'étude menée par SNCF Réseau apprécie également le coût socio-économique des minutes perdues pour les usagers finaux. Elle conclut à une perte de 13 M€ par an en moyenne sur la période 2018 à 2021. En projetant les données des scénarios RCP 4,5 et RCP 8.5, il pourrait être de 28,6 M€ à 31 M€ à horizon 2050 et de 104 M€ à 143 M€ à horizon 2100. À ces sommes, s'ajoute le coût social de la perte d'attractivité du mode ferroviaire liée à la diminution de la régularité des trains, alors même que les pouvoirs publics ont retenu d'ambitieux objectifs de report modal.

b) Des surcoûts climatiques non identifiés

Les événements météorologiques ont des conséquences financières à plusieurs niveaux : investissements pour la protection des ouvrages, investissements curatifs de réparation des dégâts, surcoûts liés à la surveillance et à la maintenance. Ni la comptabilité analytique des différentes entités du groupe SNCF, ni les outils de suivi des travaux et de la maintenance de SNCF Réseau et de SNCF Gares et Connexions, ne permettent d'isoler ces coûts.

Le réseau peut en effet subir de nombreux dégâts directs causés par des aléas climatiques : effondrement de remblais ou de déblais (Villeneuve-lès-Béziers 2019, Wimereux 2022), envahissement, déformation, déstabilisation, emportement des voies, défaut d'alimentation ou rupture de caténaire (pour l'année 2020 : tempêtes Ciara le 10 février, Dennis le 16 février, Leon et Jorge les 29 février et 1^{er} mars, Alex le 30 septembre, Barbara le 21 octobre, Bella les 25-27 décembre), pertes d'appareils de voie ou d'équipements informatiques, incendie (sous-station de Noisy-le-Sec en 2019), dégâts sur le bâti du fait de la sécheresse ou des inondations, dégâts sur les verrières, inondations (Cannes en 2015, Toulouse Matabiau en 2017), etc. Il subit aussi des dégradations indirectes liées par exemple à une augmentation des effets de la corrosion ou à la déstabilisation des sols.

Ces dégâts engendrent des coûts qui, en l'absence de comptabilisation spécifique et exhaustive, peuvent être approchés à travers le suivi des sinistres occasionnés par des événements naturels établi par le département Risques et assurances de SNCF SA. Pour SNCF Réseau et SNCF Gares et Connexions, 3 139 sinistres ont été recensés au titre des causes naturelles entre 2019 et 2022 pour un montant total de 70,8 M€, soit 17,7 M€ en moyenne par an³⁵⁵. Ces sinistres représentent 12 % du total des sinistres renseignés par les deux entités et 36 % des montants. Les montants des dégâts peuvent être ponctuellement très élevés lors d'événements météorologiques exceptionnels tels que la tempête Alex en octobre 2020, qui a causé de lourds dommages sur des ouvrages d'art (vallée de la Roya) pour un montant estimé à 25 M€. Entre 2009 et 2021, SNCF Réseau a connu cinq événements de ce type, pour un montant total de 38 M€³⁵⁶.

³⁵⁵ Les coûts des dommages s'entendent au sens strict : réparation et remplacement des biens concernés, à l'exception des pertes de chiffre d'affaires, des coûts d'immobilisation des matériels roulants, des péages perdus, des coûts de gestion des perturbations de trafic.

³⁵⁶ Outre la tempête Alex il s'agit de : la tempête Klaus (2009, 7,4 M€), la tempête Xynthia (2010, 6 M€), les inondations de la Seine (2006, 5,6 M€), les inondations de Villeneuve-les-Béziers (2019, 4,1 M€)

Le changement climatique pourrait également entraîner une augmentation des coûts des opérations de surveillance telles que les visites des ouvrages en terre après de violentes lames d'eau, les tournées liées aux fortes chaleurs (relevé des températures au niveau du rail, surveillance de la voie dans les trains etc.) ou les tournées de bûcherons après des vents violents. Il en va de même des opérations de maintenance préventive visant à préparer l'infrastructure aux épisodes de fortes chaleurs, de grands froids ou aux crues (renfort en eau dans les gares, vérification des caténaires et des ouvrages hydrauliques³⁵⁷, démontage des appareils de voie, etc.) ou encore au risque d'incendie (traitement de la végétation aux abords des voies). Ces coûts ne sont pas non plus suivis de manière agrégée par SNFC Réseau ou SNCF Gares et Connexions.

Il n'est pas illogique de considérer que les surcoûts liés aux phénomènes climatiques font partie de la « vie normale » d'un réseau de transport, au même titre que le roulement des trains sur la voie ou le passage des voyageurs sur les quais contribuent à leur usure. Toutefois, leur mesure devient indispensable à l'appréciation des investissements à consentir pour s'adapter aux effets du changement climatique, au regard, notamment, des surcoûts occasionnés par la pression supplémentaire que le climat exercera à l'avenir sur l'infrastructure.

À ce jour, il n'existe pas de plan d'investissement afin d'améliorer la résilience de l'infrastructure au climat futur. On peut certes rapprocher de cet objectif certains travaux comme ceux réalisés sur la voie Tarascon-Sète pour restaurer sa transparence à la suite des inondations d'Arles en 2003 (de l'ordre de 100 M€) ou le plan d'investissement en pompes de relevage dans les gares d'Île-de-France. Mais il s'agit d'interventions ponctuelles qui répondent au risque d'inondation à climat constant.

II - Le besoin d'une démarche stratégique d'adaptation structurée, encadrée par l'État

Pour sortir d'une logique de réponse au cas par cas et construire une stratégie d'adaptation au changement climatique, les gestionnaires d'infrastructure doivent pouvoir se référer à un niveau de résilience cible, partagé par les parties prenantes, dont la définition relève de la responsabilité de l'État.

³⁵⁷ Les interventions préventives sur les dispositifs longitudinaux d'écoulement et de drainage des ouvrages d'art ont par exemple représenté un coût de 10,8 M€ par an entre 2016 et 2021.

A - Une approche de l'adaptation au changement climatique trop centrée sur les ajustements à la marge et *a posteriori*

Ni la politique publique d'adaptation au changement climatique, à travers le PNACC-2 ou le chantier « Mieux se déplacer » du Secrétariat général à la planification écologique, ni les documents encadrant l'action des gestionnaires d'infrastructures, comme les contrats de performance passés avec l'État, ceux conclus avec les autorités organisatrices de la mobilité ou encore la charte de l'État actionnaire responsable de l'Agence des participations de l'État, ne prévoient d'objectif à atteindre ou d'obligations pour le secteur ferroviaire en matière d'adaptation au changement climatique. Ce phénomène n'est seulement mentionné dans le contrat de performance de la filiale SNCF Gares et Connexions, qu'en tant qu'élément de contexte de l'activité des gares.

Les incitations économiques n'apparaissent pas non plus suffisantes pour faire émerger une stratégie globale d'adaptation. Les investissements pour le réseau ferroviaire, qui contribuent positivement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, sont par exemple systématiquement reconnus comme durables au sens du Règlement « taxonomie », sans que soit démontrée leur adéquation avec l'objectif d'adaptation au changement climatique³⁵⁸. La hausse des primes d'assurance dans un marché assurantiel tendu, notamment après l'épidémie de covid 19, a certes incité le secteur à prêter davantage attention au degré de résilience des infrastructures assurées, mais cet examen est par construction réalisé au regard des aléas climatiques de court ou moyen terme.

De ce fait, la gestion au quotidien des infrastructures existantes est ajustée pour tenir compte des aléas climatiques pour des raisons de sécurité à titre principal, mais aussi de préservation de l'infrastructure et du matériel roulant, au regard de leurs effets déjà connus, et non de ceux projetés.

En ce qui concerne l'exploitation, les gestionnaires d'infrastructures s'appuient sur un contrat passé avec un fournisseur de services météorologiques, dont les données abondent de premiers outils prédictifs, comme l'outil Metigate qui modélise la température du rail à trois jours à

³⁵⁸ Le Règlement (UE) 2020/852 du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2020 sur l'établissement d'un cadre visant à favoriser les investissements durables et modifiant le règlement (UE) 2019/2088 prévoit six objectifs pour qu'une activité soit considérée comme durable : l'atténuation du changement climatique ; l'adaptation au changement climatique ; l'utilisation durable et la protection des ressources aquatiques et marines ; la transition vers une économie circulaire ; la prévention et le contrôle de la pollution ; et la protection et la restauration de la biodiversité et des écosystèmes.

partir des prévisions de nébulosité, d'ensoleillement et d'humidité. SNCF Réseau peut ainsi décider de réduire les vitesses de circulation en fonction des alertes, par exemple en période de fortes chaleurs pour préserver la géométrie de la voie, ou lorsque des vents traversants risquent de renverser le matériel roulant. Des tournées de surveillance « chaleurs et fortes chaleurs » sont aussi déclenchées lorsque la température du rail est susceptible d'atteindre 45 °C. Des retours d'expérience systématisés permettent d'affiner les gestes métiers d'une saison sur l'autre.

La gestion de l'infrastructure existante est ainsi rendue plus efficace par ces différents ajustements au fil de l'eau. Cependant les référentiels qui encadrent ces opérations ne font pas l'objet de révisions prospectives pour tenir compte des effets anticipés du changement climatique.

Il en va de même en ce qui concerne les choix de modernisation ou de renouvellement des composantes de l'infrastructure. Le remplacement des éléments les plus vétustes contribue certes à renforcer la résilience du système aux aléas climatiques mais ces éléments restent à dimensionner par rapport aux prévisions d'évolution du climat.

Une partie de ces choix résulte du recours contraint à certains composants industriels standardisés, dans une logique de baisse des coûts. Lorsque les constructeurs appliquent strictement des normes européennes de construction non encore adaptées au changement climatique, ces produits n'offrent pas toujours une résistance suffisante pour un environnement météorologique plus contraignant (ex. des abris techniques). De la même manière, parmi les normes Eurocodes auxquelles sont soumises les constructions et reconstructions, comme celles des gares, certaines, comme la norme NF EN 1991-1-4 sur l'action du vent, ne peuvent plus être considérées comme prévoyant des marges suffisantes³⁵⁹. L'impact du changement climatique (actions du vent, actions thermiques notamment) sur certaines valeurs caractéristiques des ouvrages peut en effet nécessiter la révision de leur dimensionnement, sous l'effet de la hausse des marges.

La mise à jour des normes relatives aux infrastructures est prévue dans la stratégie européenne d'adaptation au changement climatique, « *Bâtir une Europe résiliente – la nouvelle stratégie de l'Union européenne pour l'adaptation au changement climatique* »³⁶⁰. Toutefois, les gestionnaires d'infrastructures gagneraient à identifier, dans l'attente et au cas par cas, d'une part, les équipements industriels pour lesquels les exigences de sécurité ou de performance justifient des produits aux

³⁵⁹ Source : *Face au réchauffement climatique, la résilience des infrastructures remise en cause*, Le Monde, 29 septembre 2021

³⁶⁰ [EUR-Lex - 52021DC0082 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#), février 2021

spécificités techniques adaptées à un environnement plus contraignant et, d'autre part, les gares que l'environnement immédiat expose à des vulnérabilités nouvelles, ce qui implique d'en renforcer la résistance. La démarche d'éco-conception EMC2B (Energie, Matière, Carbone, Climat et Biodiversité), retenue par SNCF Gares et Connexions et par sa filiale AREP³⁶¹, qui comporte un volet d'adaptation au changement climatique des gares³⁶², pourrait être complétée d'une méthodologie permettant de s'assurer de leur bon dimensionnement.

Concernant les composantes de l'infrastructure dont les normes de développement constituent des référentiels internes à la main des gestionnaires d'infrastructures³⁶³, les marges en conception ne sont pas nécessairement connues, la question de la résilience ne s'étant pas posée en ces termes jusqu'à présent. Certains ajustements de la résistance des composants ont été décidés compte tenu des retours d'expérience, comme le relèvement, après la canicule de 2003, de la température extérieure que les rails supportent (+ 6 °C), ou les réglages de la nouvelle génération de caténaires sur la ligne Tarbes-Montréjeau, qui seront en capacité de supporter une amplitude thermique de - 10 °C à + 60 °C, au lieu de - 20 °C à + 50 °C jusqu'à présent. Ces choix n'ont toutefois pas été examinés sous le prisme d'analyses prospectives des aléas auxquels ces composantes seront soumises.

Il existe parfois des solutions dites « sans regrets » (cf. chapitre introductif) pour rehausser le niveau de résistance des composantes, comme l'installation de revêtements de protection, expérimentés sur les abris techniques, qui aurait permis de diminuer la chaleur interne de ces installations de 16 °C en moyenne durant l'été 2021. Mais les marges ainsi créées ne sont pas toujours suffisantes pour pallier des dimensionnements insuffisants en conception. Dès lors, la révision régulière de ces normes internes pour les adapter à l'évolution des connaissances en matière de changement climatique devrait être réalisée à une fréquence préalablement établie, par exemple sur un rythme décennal, et associer des personnalités qualifiées indépendantes.

³⁶¹ AREP est une agence d'ingénierie et d'architecture pluridisciplinaire, spécialisée dans la conception écologique d'infrastructures, dont les gares, au travers de la démarche EMC2B.

³⁶² EMC2B prévoit d'adapter les gares au changement climatique, en portant par exemple une attention spécifique à la ventilation intérieure naturelle des sites, et pour leur extérieur, en combinant plusieurs techniques visant à éviter de retenir la chaleur (par exemple le recours aux masques solaires, volets, peinture blanche à effet albédo et végétalisation des toits).

³⁶³ Dans le cadre de la revue des normes à adapter au regard des enjeux du changement climatique, prévue par le premier Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 1), le Cerema avait identifié 34 normes à actualiser, dont 27 constituaient des référentiels internes à SNCF Réseau.

Enfin, pour la construction de lignes nouvelles, si les principaux effets probables du projet sur son environnement doivent être détaillés en tenant compte du changement climatique dans les études d'impacts³⁶⁴, celles-ci ne spécifient pas le degré de résilience du projet au changement climatique, qui est laissé à la discrétion du maître d'ouvrage. Ainsi, les lignes nouvelles les plus récentes, dont les contrats ont été formalisés au début la décennie 2010³⁶⁵, n'ont pas été dimensionnées au regard du changement climatique.

Pour les projets en cours de lignes nouvelles, des études ont été réalisées pour examiner les vulnérabilités potentielles de certains ouvrages (par exemple, dans le cadre de la ligne nouvelle Paris-Normandie, la hausse anticipée du niveau de la mer a été prise en compte pour modéliser le niveau de pression exercée par l'eau sur le tunnel sous-fluvial traversant de Rouen). Mais des choix structurants, comme celui des tracés, n'ont pas été examinés à l'aune du changement climatique. Or la carte actuelle des zones présentant des risques d'inondation (plan de prévention du risque inondation, ou atlas des zones inondables), utilisée pour ces tracés, ne tient pas non plus compte des anticipations de hausse du niveau de la mer³⁶⁶.

Sans rendre sa certification par un tiers obligatoire, comme le prévoient notamment les lignes directrices « *Optique des changements climatiques* » au Canada, le recours à un référentiel d'analyse normé de l'adaptation au changement climatique des projets d'infrastructure ferroviaire, sur le modèle des référentiels qui existent en matière d'analyse socio-économique des projets de transports, pourrait être systématisé dès les étapes de configuration des tracés, pour favoriser une meilleure prise en compte de cet enjeu à chaque étape du projet.

B - Une vision cible de l'adaptation au changement climatique à définir par l'État

L'élaboration d'une vision cible de l'adaptation au changement climatique du réseau ferroviaire, partagée par les différentes parties prenantes (autorités organisatrices de la mobilité, gestionnaires d'infrastructures, usagers), apparaît nécessaire pour enclencher une dynamique d'adaptation. L'adoption d'une trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), pour laquelle une consultation a été lancée

³⁶⁴ Articles L. 122-3 et R.122-5 du Code de l'environnement

³⁶⁵ Contrat de concession de la ligne TGV-Sud Est Atlantique passé en 2011 pour 50 ans avec Lisea, contrats de partenariat de la ligne Bretagne-Pays de la Loire conclu en 2011 pour 25 ans avec Eiffage, et du Contournement Nîmes-Montpellier signé en 2012 pour 25 ans avec la société Oc'Via.

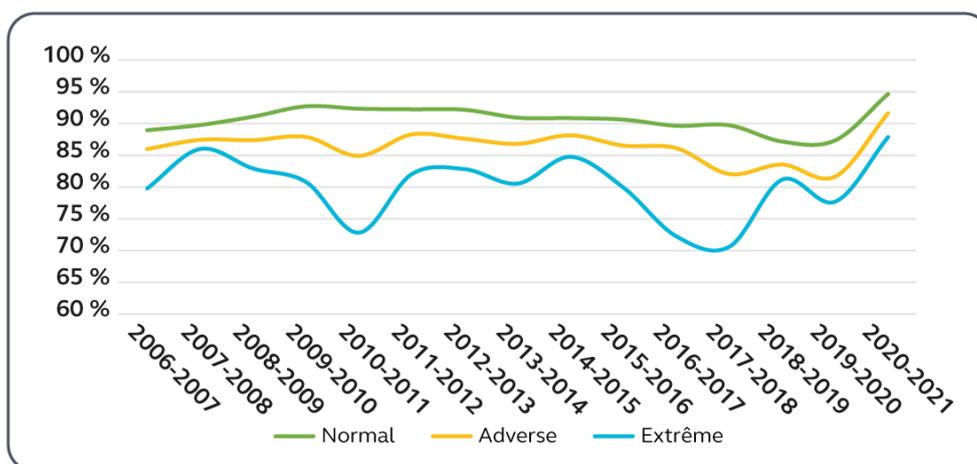
³⁶⁶ Seul le Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) est majoré du risque d'élévation du niveau de la mer.

par le ministère en charge de la transition écologique en mai 2023, constitue un préalable nécessaire à cette démarche. Il convient en particulier de déterminer un niveau de disponibilité attendu du réseau en fonction de l'intensité des aléas rencontrés ; celui-ci doit être compatible avec l'atteinte de l'objectif consistant à porter à 42 % la part modale du transport ferroviaire en 2050³⁶⁷.

De manière symétrique, cette cible devrait aussi déterminer le niveau d'indisponibilité jugée acceptable du réseau ferroviaire en fonction de l'intensité et de la fréquence des aléas climatiques rencontrés, afin de concentrer les investissements sur les adaptations prioritaires. Par exemple, renoncer à investir dans l'adaptation de certaines parties du réseau aux épisodes de givre ou de neige, qui seront plus rares, à la condition d'assurer des solutions de substitution quelques jours par an, pourrait permettre en contrepartie d'effectuer des aménagements assurant la résistance du réseau aux fortes chaleurs, plus longues et plus fréquentes.

Le déploiement d'un indicateur de performance du réseau selon différents degrés de gravité des phénomènes météorologiques, comme celui développé par *Network Rail* au Royaume-Uni, constituerait également un outil d'évaluation utile.

Graphique n° 34 : niveau de performance du réseau ferroviaire au Royaume-Uni, selon l'intensité des aléas climatiques rencontrés



Source : Network Rail

³⁶⁷ Article L. 143 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite loi « climat et résilience ».

En pratique, enfin, la résilience de l'infrastructure ferroviaire dépend de sa bonne articulation avec son environnement, et donc de la coordination des parties prenantes dans les territoires. SNCF Réseau a ainsi mis en place en Bretagne un projet en partenariat avec le secteur agricole pour limiter le ruissellement des champs vers les voies et pour développer des solutions dont le coût et le maintien en état sont partagés. De la même manière, la gestion de la végétation contre le risque d'incendie implique pour SNCF Réseau de dialoguer avec un nombre croissant de parties prenantes par suite de l'extension du périmètre des obligations légales de débroussaillage.

La gestion de la végétation : des impératifs contradictoires à concilier

Outre son impact indirect sur l'extension du périmètre des obligations légales de débroussaillage pour des raisons de sécurité ferroviaire et de prévention des incendies, le changement climatique modifie le cycle de croissance des végétaux, ce qui implique pour les gestionnaires d'infrastructure de procéder à des opérations de débroussaillage plus fréquentes chaque année. Or, la réalisation des opérations de débroussaillage est contrainte dans le temps par l'application des dispositions de l'article L. 411-1 du code de l'environnement, qui interdit « *la destruction, l'altération ou la dégradation [des] habitats naturels* » des espèces protégées, et se traduit par des périodes d'interdictions. Ces impératifs contradictoires complexifient la gestion par SNCF Réseau de ses obligations de débroussaillage et risquent d'en augmenter les coûts, alors que SNCF Réseau consacre 200 M€ par an à la gestion de la végétation aux abords des voies.

C - Une réflexion stratégique à structurer

En raison de leur degré d'exposition aux risques météorologiques, les gestionnaires d'infrastructure SNCF Réseau ainsi que Lisea et Oc'Via, respectivement concessionnaire de la LGV Sud-Est Atlantique et titulaire du contrat de partenariat portant sur le contournement Nîmes-Montpellier, apparaissent comme plus avancés dans la prise en compte des enjeux d'adaptation du réseau liés au changement climatique que les autres acteurs du secteur des transports.

Depuis le 1^{er} janvier 2020 et le passage de la SNCF au statut de société anonyme, la holding a mis en place un comité stratégique d'« *adaptation au changement climatique* », qui réunit les présidents du

groupe deux fois par an. En 2022, ce comité a choisi de retenir les scénarios RCP 4.5 et 8.5 du GIEC pour la généralisation des études de vulnérabilité. Pour la poursuite de ces travaux, un suivi plus fin, à l'aide d'indicateurs par exemple, permettrait de mieux mesurer au niveau du groupe les avancées réalisées par chacune des filiales, alors qu'aucune obligation de rapportage ne leur est aujourd'hui imposée.

SNCF Réseau et SNCF Gares et Connexions n'ont pas mis en place d'organisation spécifique. Pourtant, des freins structurels au déploiement d'une politique d'adaptation demeurent. Un audit interne réalisé en 2019 par la SNCF identifiait ainsi, parmi les principales limites à l'émergence d'une stratégie d'adaptation chez SNCF Réseau, l'absence de déclinaison des orientations stratégiques en plans d'actions. Du côté de SNCF Gares et Connexions, la connaissance renforcée de l'état des quais et des halles transférés par SNCF Réseau au 1^{er} janvier 2020, qui a débuté avec l'identification des principales zones de risques d'inondations en Île-de-France, constitue un préalable. La mise en place d'instances de suivi apparaît donc comme une condition de réussite de l'adaptation.

En outre, une meilleure identification des vulnérabilités du réseau au changement climatique suppose d'internaliser certaines compétences, et de poursuivre la sensibilisation du personnel des gestionnaires d'infrastructures. La poursuite de l'identification des vulnérabilités du réseau implique d'abord de ne pas dépendre du savoir-faire et de la disponibilité des bureaux d'étude, et donc de s'approprier les connaissances nécessaires à l'exercice de la maîtrise d'ouvrage, à l'aide d'une méthodologie d'analyse des vulnérabilités partagée par les collaborateurs pour garantir une approche homogène de ces études. SNCF Réseau a entrepris de le faire pour l'étude en cours sur l'arc languedocien. Des formations au pilotage de ces études plus approfondies que celles actuellement proposées devraient être organisées³⁶⁸. L'actualisation des systèmes d'information établis pour traiter les données de ces études devra aussi être assurée dans la durée.

Plus largement, la sensibilisation des acteurs opérationnels de terrain doit être poursuivie afin d'assurer leur bonne appropriation des cartes et des enseignements des études de vulnérabilité, et donc la traduction de ces dernières dans leurs gestes métiers et la gestion opérationnelle du réseau.

³⁶⁸ Pour les agents en charge de la rédaction des cahiers des charges des études de vulnérabilité régionales de SNCF Réseau, deux formations de trois heures ont été organisées avec le Cerema.

Enfin, la réflexion stratégique des gestionnaires d'infrastructures doit inclure la formalisation d'un véritable plan d'action, sous la forme d'un document-cadre permettant de rendre compte du niveau de résilience de l'infrastructure et de son évolution. Le *Climate Change Act* adopté en 2008 au Royaume-Uni, qui impose aux opérateurs d'infrastructure de réaliser une évaluation des risques liés au changement climatique tous les cinq ans et de communiquer un suivi des mesures prises, constitue un possible modèle normatif.

**Exemple de plan d'adaptation au changement climatique :
le cas de *Network Rail* au Royaume-Uni**

Network Rail a publié en décembre 2021 son troisième rapport sur l'adaptation au changement climatique de l'infrastructure ferroviaire du Royaume-Uni, complété par huit plans régionalisés qui couvrent l'ensemble du réseau ferroviaire.

Le plan d'adaptation de *Network Rail* détaille entre autres : l'évaluation des vulnérabilités actuelles du réseau ferroviaire au Royaume-Uni, les coûts engendrés par type d'aléas climatiques chaque année, l'organisation de la gouvernance climatique de l'entreprise et sa stratégie, la méthodologie d'évaluation des risques dus au changement climatique, et un rapport de progrès sur la mise en œuvre du plan.

Ce plan a été examiné par l'*Office of Rail and Road*, le régulateur britannique, qui a rendu un avis dans lequel il a souligné les limites de la stratégie menée par *Network Rail*, comme l'absence d'informations fournies quant à la manière dont l'opérateur la lie aux plans commerciaux et de gestion des actifs ferroviaires.

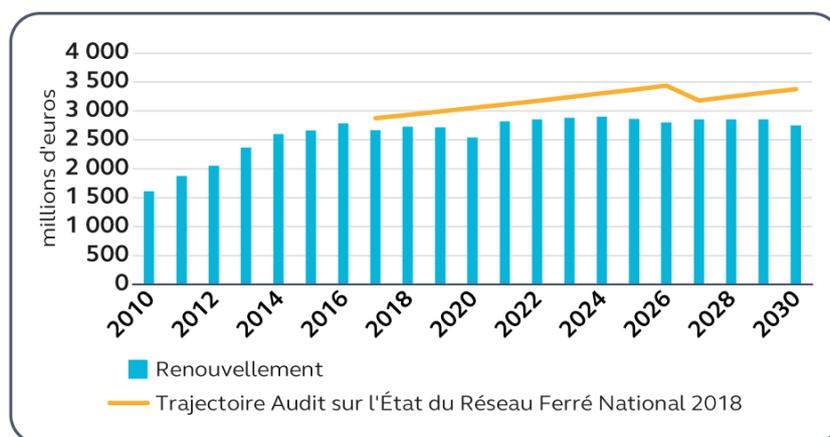
L'intégration des plans d'adaptation aux contrats de performance passés avec l'État permettrait d'en effectuer le bilan selon une fréquence préétablie. Ces revues régulières devraient aussi être l'occasion d'approfondir les risques aujourd'hui mal appréhendés à l'échelle d'un seul opérateur, tels ceux issus des interdépendances entre réseaux. En effet, ces interdépendances, matérialisées notamment par 16 000 points de connexions entre les réseaux de distribution d'électricité, d'eau et de télécommunications et le réseau ferroviaire, constituent un angle mort des études de vulnérabilité réalisées, alors même qu'il est arrivé qu'un *black-out* électrique paralyse une gare³⁶⁹.

L'intégration des plans d'adaptation de l'infrastructure dans les contrats de performance permettrait également de garantir que le coût des investissements à effectuer, non encore connu, soit pris en compte dans les enveloppes financières allouées.

³⁶⁹ Le 23 décembre 2020, la circulation de tous les trains (TER et TGV) a par exemple été interrompue à la gare Lille Flandres pendant près de 45 minutes, en raison d'une panne d'électricité survenue après de fortes pluies.

Estimation des besoins de financement et d'investissement sur le réseau ferroviaire

**Graphique n° 35 : investissements de régénération du réseau :
trajectoire de l'audit et montants alloués dans le contrat
de performance entre l'État et SNCF Réseau**



Source : Autorité de régulation des transports

Le contrat de performance passé entre l'État et SNCF Réseau pour la période 2021-2030, fondé sur une trajectoire de 2,84 Md€ courants par an en moyenne, en progression par rapport à la trajectoire financière précédente, représente une enveloppe inférieure de 13 % en moyenne aux préconisations de l'audit externe du réseau ferroviaire de mars 2018.

Pour assurer un fonctionnement optimal de l'infrastructure, ce qui conduirait à résorber complètement le vieillissement des voies et appareils de voies, à stabiliser l'âge moyen des postes de signalisation à l'horizon 2040 puis changer les postes obsolètes à l'horizon 2060, et à ralentir le vieillissement des autres composantes, l'audit externe de 2022 estime nécessaire d'augmenter l'enveloppe de régénération de 1 Md€ par an.

SNCF Réseau a élaboré des scénarios d'évolution du réseau pour la période 2022-2040, la simulation « Ulysse », qui dessine :

- un scénario au « fil de l'eau » à 118 Md€ de dépenses d'investissement (CAPEX) qui ne permet pas d'enrayer le vieillissement du réseau ;
- un scénario à 158 Md€ de CAPEX qui préserverait sa performance actuelle et augmenterait les capacités de trafic ;
- un scénario à 212 Md€ de CAPEX, qui permettrait de doubler la part modale du secteur ferroviaire, et de rajeunir l'infrastructure et son exploitation.

Le coût des investissements à réaliser, dont l'évaluation est complexe mais nécessaire à l'établissement de ces plans, pourrait *a minima* être approché par grandes masses à partir de premiers périmètres limitatifs, comme l'a proposé SNCF Gares et Connexions avec une liste d'opérations types, dont la surélévation des équipements informatiques et le renforcement des toitures, la pose de brise-soleil et de fissuromètres pour mesurer les effets du retrait/gonflement des argiles. Dans le cadre de la révision de la programmation pluriannuelle de ses investissements, SNCF Gares et Connexions a prévu de consacrer 113 M€ en fonds propres à l'adaptation au changement climatique sur la période 2024-2032.

En outre, les gestionnaires de réseau devraient identifier des mesures d'adaptation susceptibles d'être rapidement intégrées dans les programmes de renouvellement en cours. Par exemple, la question du relèvement de la température de libération du rail³⁷⁰, établie de manière standard à 25°C sur l'ensemble du réseau ferroviaire, pourrait être posée lors de toutes les opérations de renouvellement des voies dans les régions les plus exposées aux grandes chaleurs.

³⁷⁰ C'est-à-dire la température à laquelle la contrainte exercée sur la voie est nulle.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les études disponibles ne donnent qu'une image très macroscopique des vulnérabilités physiques de l'infrastructure et ne permettent pas d'en apprécier la vulnérabilité fonctionnelle, élément pourtant central pour l'attractivité du transport ferroviaire. De la même façon, les gestionnaires d'infrastructure ne disposent pas des outils nécessaires à l'identification et à la mesure des coûts générés par le changement climatique.

Les gestionnaires d'infrastructures doivent également s'assurer, tant pour les projets nouveaux que pour les opérations de régénération, que les matériels présentent des marges suffisantes par rapport à l'intensité et à la fréquence des aléas futurs. Dans cette optique, une révision régulière des normes et des référentiels de conception au regard des évolutions climatiques devrait être mise en œuvre. Le référentiel des analyses socio-économiques des projets devra être complété sur le volet climatique.

L'adaptation au changement climatique nécessite un pilotage stratégique plus structuré chez les deux gestionnaires d'infrastructure, mais surtout une implication forte des pouvoirs publics, sur lesquels repose la responsabilité de définir un niveau de résilience cible et de veiller à ce que les gestionnaires d'infrastructure puissent le décliner dans des plans d'adaptation opérationnels.

La Cour formule donc les recommandations suivantes :

- 1. identifier et mesurer les coûts d'adaptation au changement climatique du réseau ferroviaire et des gares, en fonctionnement et en investissement (SNCF Réseau, SNCF Gares et connexions ; 2026) ;*
 - 2. intégrer les dernières prévisions de changement climatique dans les normes et référentiels nationaux de conception des composantes du réseau ferroviaire et des gares et ajuster régulièrement les marges de conception en conséquence (SNCF Réseau, SNCF Gares et connexions, ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires ; 2024) ;*
 - 3. pour les projets de développement d'infrastructures de transport, compléter le référentiel des analyses socio-économiques par une analyse de la résilience au changement climatique (ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires ; 2025) ;*
 - 4. définir un plan d'adaptation au changement climatique inclus dans le contrat d'objectifs et performance, et fondé sur une étude d'impact, une budgétisation et un suivi organisé (SNCF Réseau, SNCF Gares et connexions, ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires ; 2025).*
-

Réponses reçues à la date de la publication

Réponse du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires.....	418
Réponse du président-directeur général de SNCF réseau	419
Réponse de la directrice générale de SNCF Gares et Connexions.....	420

Destinataire n'ayant pas répondu

Monsieur le ministre délégué auprès du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires, chargé des transports
--

RÉPONSE DU MINISTRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Les constats de la Cour des comptes illustrent bien l'ampleur des enjeux d'adaptation au changement climatique pour le réseau ferroviaire et mettent en lumière les démarches déjà engagées par les gestionnaires d'infrastructures, notamment en matière d'analyse des risques. Ces travaux, impliquant nos services, s'inscrivent en cohérence avec le troisième plan national d'adaptation au changement climatique, à l'élaboration duquel SNCF Réseau et SNCF Gares & Connexions sont associés,

Je soutiens pleinement l'intégration du changement climatique dans les normes et référentiels techniques et nous nous assurerons que celle-ci s'appuie sur le scénario de réchauffement de référence. En particulier, nos services veilleront à la définition par les gestionnaires d'infrastructures d'une feuille de route sur les modalités de révision de leurs référentiels internes. L'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF) travaillera avec les acteurs du secteur pour encourager et accompagner l'intégration des risques liés au changement climatique au sein de leurs méthodes de gestion de la sécurité et du risque.

Je partage également la nécessité de prendre en compte les impacts du changement climatique dans l'évaluation des projets de transport. À cet effet, nos services, en lien avec France stratégie, feront évoluer le référentiel socio-économique national en un référentiel socio-éco-économique tenant notamment compte des coûts liés au changement climatique. Pour l'adaptation du réseau existant, des outils socio-éco-économiques complémentaires pourront être développés pour hiérarchiser les investissements à partir des études de vulnérabilité.

Je soutiens aussi l'élaboration de plans d'adaptation au changement climatique par SNCF Réseau et SNCF Gares & Connexions, dont les grands principes et jalons seront définis à l'occasion des prochaines actualisations des contrats.

Sur le plan financier, je tiens à souligner l'engagement inédit pour la régénération et la modernisation du réseau ferroviaire, avec respectivement 1 Md€/an et Md€/an d'investissements complémentaires d'ici la fin du quinquennat, ce qui apportera des réponses aux enjeux de maintien à niveau du réseau ferré évoqués dans votre rapport.

RÉPONSE DU PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL DE SNCF RÉSEAU

Je vous remercie pour le chapitre du rapport public annuel 2024, relatif à l'adaptation du réseau ferré au changement climatique, que vous m'avez transmis le 30 octobre.

La résilience face au dérèglement du climat est une priorité de l'entreprise et sans doute l'un des plus grands défis de la société moderne. Le chapitre de la Cour nous paraît bien expliciter les actions déjà engagées par SNCF Réseau et celles qu'il convient de déployer dans les prochaines années pour se préparer à un réchauffement pouvant atteindre + 4 °C à l'horizon de la fin du siècle.

SNCF Réseau a déjà lancé de nombreuses initiatives pour s'adapter au changement climatique, à la fois pour approfondir la connaissance (à travers des études prospectives de vulnérabilité pour la France entière et des focus sur certaines régions plus particulièrement exposées) et pour engager les actions concrètes. Celles-ci s'organisent autour de trois axes :

- l'adaptation des politiques d'exploitation, pouvant impliquer le ralentissement des vitesses commerciales en période de canicule, voire la décision de ne pas faire partir les trains en cas d'avis de tempête majeure ;*
- l'adaptation des actions de surveillance et d'entretien : traitement de la végétation aux abords des voies pour éviter les chutes d'arbres et les départs de feu, automatisation de la surveillance des talus, utilisation d'une peinture thermique blanche pour que les équipements chauffent moins en plein soleil, pour ne citer que quelques exemples.*
- l'adaptation des actifs eux-mêmes : en profitant le plus possible des cycles de renouvellement déjà prévus, la régénération permet d'équiper le réseau avec des composants plus résilients à la chaleur, à l'eau et au vent — cartes électroniques de la signalisation, caténaires, etc. L'augmentation de l'effort de renouvellement du réseau ferré, annoncé par la Première ministre en début d'année 2023, va à ce titre contribuer à une meilleure résistance du réseau aux intempéries.*

La Cour formule quatre recommandations, que nous intégrons à notre stratégie :

- S'agissant de la mesure des coûts de l'adaptation (recommandation 1), nous suivons déjà les impacts financiers des intempéries (réparations, pertes de recettes, investissements dans la résilience), même s'il reste difficile d'attribuer au changement climatique ces différents coûts. Un suivi plus centralisé permettra d'améliorer la vision globale.*

- *La mise à jour des référentiels (recommandation 2) pour se préparer à un réchauffement allant jusqu'à + 4 °C constitue aussi un outil de pilotage essentiel. Il faut agir au bon niveau : parfois au niveau européen ; parfois au niveau local, pour répondre à des problématiques territoriales spécifiques. Dans tous les cas, il sera indispensable de tenir compte des impacts financiers pour limiter le renchérissement des coûts pour SNCF Réseau et pour le secteur.*
- *L'analyse de la résilience, à inclure dans l'évaluation des projets de développement (recommandation 3), même si elle est prioritairement adressée au ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, est un sujet essentiel pour SNCF Réseau. Nous souhaitons développer un outil qui pourrait permettre de coter la résilience non seulement des grands projets mais aussi d'autres types d'investissements.*
- *Enfin, la définition d'un plan stratégique d'adaptation au changement climatique (recommandation 4) est d'ores et déjà engagée au sein de SNCF Réseau et pourrait en effet utilement se traduire dans notre contrat de performance, pour confirmer la mobilisation au plus haut niveau de l'entreprise comme de l'actionnaire.*

Le défi du changement climatique concerne non seulement SNCF Réseau, SNCF Gares & Connexions et l'État, mais l'ensemble du secteur ferroviaire français (opérateurs, ingénieries...) et avec, comme vous le notez, la nécessité en amont de déterminer le niveau de disponibilité attendu pour le réseau. Nous espérons que votre rapport et sa publication permettront de mobiliser tous les acteurs concernés en s'appuyant sur les premiers résultats déjà atteints par SNCF Réseau.

RÉPONSE DE LA DIRECTRICE GÉNÉRALE SCNF GARES ET CONNEXIONS

Je vous remercie pour le chapitre du rapport public annuel 2024, relatif à l'adaptation du réseau ferré au changement climatique, que vous m'avez transmis le 30 octobre ainsi que pour la qualité des échanges que nous avons eu avec la 2^{ème} chambre au cours du 1^{er} semestre.

En complément des éléments inscrits au chapitre je souhaite voir publier les points suivants :

SNCF Gares & Connexions remercie la Cour des comptes pour ce chapitre consacré à « L'adaptation du réseau ferroviaire national au changement climatique » et les recommandations formulées.

Comme le rapport le souligne, le changement climatique est une réalité déjà tangible en France qui impacte de façon sensible le réseau ferroviaire et les gares, pouvant affecter aussi bien l'intégrité des infrastructures, le fonctionnement des équipements que le confort des agents et des voyageurs.

C'est pour prendre en compte ces impacts que nous avons formalisé dès 2019 et intégrons dans la conception de nos projets de construction ou de rénovation de gares la démarche EMC2B pour énergie, matière, carbone, climat, biodiversité.

L'année 2023 marque cependant une accélération dans la structuration de notre démarche d'adaptation avec l'allocation d'une enveloppe d'investissement de 113 millions d'euros couvrant la période 2024-2032, pilotée par une équipe dédiée au sein de la Direction RSE, intégrée au Secrétariat Général de l'entreprise créé au 1er septembre. Ce positionnement au sein du Secrétariat Général assure une articulation du sujet de l'adaptation avec les équipes financières, juridiques, et stratégiques en charge de la feuille de route globale de l'entreprise.

Comme le souligne la Cour des Comptes, nous avons également lancé en septembre 2023 une étude de vulnérabilité globale sur l'ensemble de nos actifs et activités, nous permettant de mieux évaluer nos vulnérabilités physiques et fonctionnelles aux horizons 2030, 2050 et 2100, selon les scénarii du GIEC RCP 4.5 et 8.5.

Cette étude, dont les premiers résultats sont attendus pour la fin de l'année 2023, livrera des cotations de vulnérabilité détaillées qui pourront être intégrées aux outils de gestion du bâti et de gestion d'actifs et ainsi aux démarches de pilotage des investissements.

Ce diagnostic initial de vulnérabilité servira de socle à la formulation d'un plan d'adaptation au changement climatique. Le dimensionnement des investissements à mobiliser sera précisé dans ce cadre. Ces travaux rejoignent les recommandations 1 et 5 de la Cour.

Dans le cadre de ces travaux, tel que le mentionne la Cour, nous reconnaissons qu'un maximum de leviers devront être activés : allant de la formation des équipes jusqu'au développement d'outils de suivi d'impacts en passant par la mise à jour de nos normes et référentiels de conception des composantes de gares.

Sur ce point, qui fait l'objet de la recommandation 2 de la Cour des Comptes, nous précisons que les enjeux d'adaptation au changement climatique sont intégrés à notre référentiel de gestion de projet via le renvoi à la méthode EMC2B. Nous rappelons également l'importance de la mise à jour par les pouvoirs publics des réglementations et normes nationales et européennes liées au secteur du bâtiment auxquels nous sommes également soumis afin d'accélérer la prise en compte de la résilience dans les projets de construction et de rénovation.

En synthèse, il nous paraît essentiel de souligner que les enjeux du changement climatique concernent un ensemble large de parties prenantes au-delà même de SNCF Gares & Connexions, SNCF Réseau et l'État, avec, comme vous le notez, la nécessité en amont de déterminer le niveau de résilience cible. Nous souhaitons que ce rapport contribue à faciliter les travaux de tous autour d'un cadre partagé.
