

ÉVALUER L'IMPACT CARBONE DES INVESTISSEMENTS DE MATERIEL ROULANT GRANDE VITESSE

MÉTHODOLOGIE DU PROGRAMME GREEN BONDS 2021
POUR LE MATERIEL ROULANT GRANDE VITESSE

Version du 22.04.2021



Rédaction

Direction Financements et Trésorerie, SNCF SA :

[Nicolas Marchessaux](#) et [Florian Morini](#)

Direction de l'Engagement Sociétal et de la Transition Ecologique, SNCF SA :

[Claire Rousselet](#)

Direction du Développement durable, SNCF Réseau :

[Jean-Baptiste Frier](#)

Direction de la Régulation et de l'économie du réseau, SNCF Réseau :

[Sylvain Séguret](#)

Contributeurs

Direction de la Performance Environnementale & du Développement Durable,
Voyages SNCF :

[Valérie Darmaillacq](#)

Direction Stratégie et Performance de la Desserte, Voyages SNCF :

[Georges Meurisse](#)

Direction Développement, Voyages SNCF :

[Arnaud Chi](#)

SNCF © Avril 2021



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1. CONTEXTE	5
1.2. LE GROUPE SNCF	6
1.3. PROJETS FINANCES PAR LES GREEN BONDS	7
1.4. CARACTERISTIQUES DE LA METHODOLOGIE	7
2. PRESENTATION DES PROJETS ELIGIBLES	10
2.1. MATERIEL ROULANT A GRANDE VITESSE.....	10
2.1.1. Modèles et affectation commerciale.....	10
2.1.2. Modèles de rames et capacité.....	10
2.1.3. Cycle de vie des rames.....	13
2.1.4. Description d'une OPMV	14
2.1.5. Projets d'optimisation énergétique (non financés par GB)	15
2.1.6. Elargissements (à venir) des bases d'actifs éligibles	16
3. IMPACT CARBONE DES PROJETS	18
3.1. CADRE CONCEPTUEL DE L'ANALYSE.....	18
3.1.1. Impact carbone : définition et principes généraux	18
3.1.1.1. Justification d'un scénario de référence	19
3.1.1.2. Similitude des projets 'achat' et 'OPMV'	20
3.1.1.3. La question de la concurrence	20
3.1.2. Impact carbone : une analyse projet par projet.....	20
3.2. EMPREINTE CARBONE ET CARBONE GRIS	22
3.2.1. Prise en compte du carbone gris dans les FE	22
3.2.2. Modalités d'actualisation des facteurs d'émissions	22
3.3. EMISSIONS EVITEES EN PHASE D'USAGE	24
3.3.1. Emissions induites par les projets	24
3.3.1.1. Principes généraux et périmètre.....	24
3.3.1.2. Détermination des facteurs d'émissions TGV	24
3.3.1.2.1. Modalités de calcul des facteurs d'émission TGV.....	24

3.3.1.2.2. Facteurs d'émissions et typologie de rames.....	24
3.3.1.2.3. Evolution des facteurs d'émission TGV.....	25
3.3.1.3. Calcul des voy-km et évolution du trafic.....	26
3.3.1.4. Calcul des émissions induites en phase d'usage	26
3.3.2. Emissions induites par la situation de référence	27
3.3.2.1. Principes généraux et périmètre.....	27
3.3.2.2. Détermination des FE des modes concurrents.....	27
3.3.2.2.1. Modalités de calcul des FE concurrents.....	27
3.3.2.2.2. Facteurs d'émissions des modes concurrents.....	27
3.3.2.2.3. Evolution des facteurs d'émission.....	28
3.3.2.3. Hypothèse de report modal et affectation des voy-km.	28
3.3.2.3.1. Construction des hypothèses de report modal.....	28
3.3.2.3.2. Hypothèses de report modal	29
3.3.2.3.3. Equivalence de distance selon le mode utilisé.....	29
3.3.2.4. Emissions des modes concurrents en phase d'usage	30
3.3.3. Analyse différentielle en phase d'usage.....	31
3.3.3.1. Eviter les doubles-comptes : les règles d'allocation	31
3.3.3.2. Résultat des émissions évitées en phase d'usage.....	31
3.4. RESULTATS DE L'IMPACT CARBONE	33

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Une émission Green Bonds, ou obligations « vertes », est une émission obligataire d'une entreprise, d'une organisation internationale ou d'une collectivité publique sur les marchés financiers afin de financer un projet ou une activité à bénéfice environnemental. Le transport ferroviaire étant l'un des modes de transport les plus respectueux de l'environnement, il entre dans la catégorie des activités éligibles à ce type d'obligation.

Le 27 octobre 2016, SNCF a mis en place son premier programme Green Bonds, en majorité pour financer la modernisation durable de son réseau. SNCF est ainsi devenu le premier gestionnaire d'infrastructure ferroviaire et la première entreprise de transport en Europe à émettre un Green Bond.

Entre 2016 et 2020, le groupe SNCF a réalisé 13 opérations de dette au format Green Bond pour un montant total de 7 Mds€. En 2020, hors souverain, supra et bancaire, SNCF était le 3^{ème} émetteur Green Bond en France et le 5^{ème} en Europe et dans le monde. En 2019, SNCF s'est distingué en devenant la première entité à réaliser un Green Bond centenaire. Une première mondiale !

Pour récompenser la qualité de son *reporting* d'impact, SNCF s'est vu décerné, en mars 2019, un *Green Bond Pioneer Award* par la *Climate Bonds Initiative* (CBI). Cet *award* récompense la transparence et la clarté avec lesquelles SNCF communique auprès de ses investisseurs. Déjà récompensée au moment de son émission inaugurale de 2016, il s'agit du deuxième *award* reçu par le groupe pour la publication d'un *reporting* d'impact Green Bond.

Dans un même esprit d'innovation, le groupe SNCF a ouvert, en fin d'année 2020, un nouveau chantier d'élargissement du périmètre de son programme Green Bond aux actifs de matériel roulant grande vitesse.

Ce faisant, SNCF devient le premier groupe de mobilité au monde à développer un programme couvrant à la fois des actifs d'infrastructure et de transport.

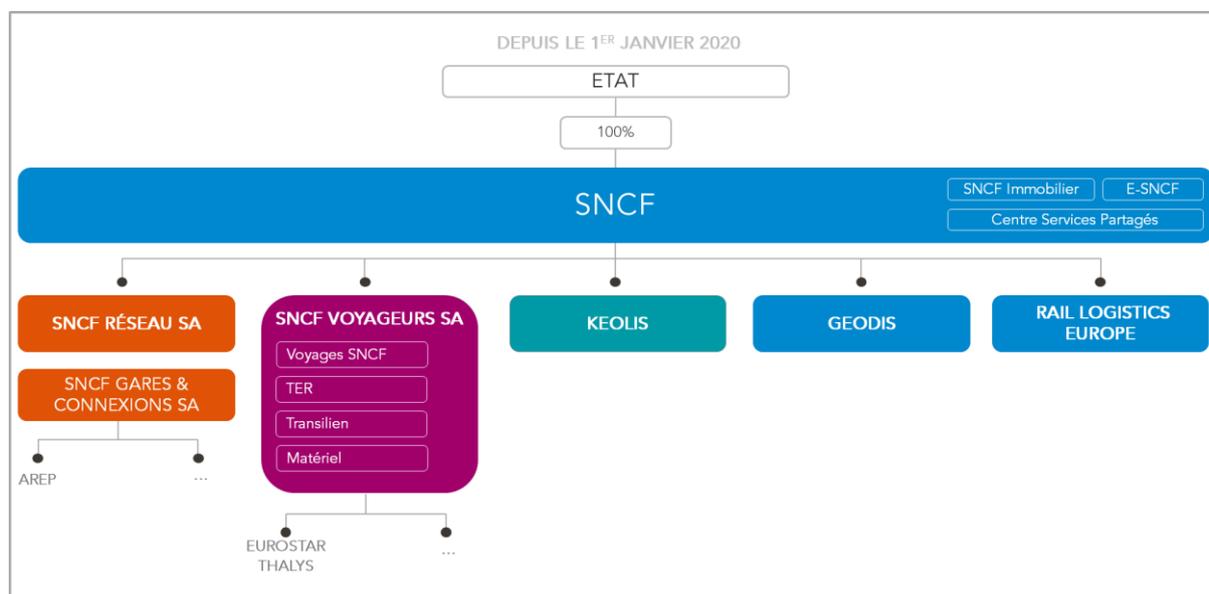
Pour mettre en avant les effets positifs de ces financements, et par souci de transparence vis-à-vis de ses investisseurs et de la société civile, SNCF souhaite quantifier l'impact des projets financés par ses Green Bonds dans la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.

Le présent guide traite de la méthodologie d'évaluation de l'impact carbone des investissements de matériel roulant grande vitesse. Il vient donc en complément de la méthodologie développée pour les investissements d'infrastructure.

Ces documents sont disponibles en accès libre sur le site internet de la société (sncf.com).

1.2. LE GROUPE SNCF

Le groupe SNCF est l'un des leaders mondiaux de la mobilité. Ses activités intègrent toute la chaîne de valeur du secteur des transports.



Les principales filiales du groupe recouvrent une variété d'activité dont (i) la commercialisation des sillons, la gestion des circulations, la maintenance, le renouvellement et le développement de nouvelles lignes par *SNCF Réseau* ; (ii) l'exploitation, la rénovation et le développement économique des 3 000 gares françaises par *SNCF Gares & Connexions* ; (iii) le transport de passagers, en Ile-de-France (*Transilien*), en région (*TER*) ainsi que le transport longue distance en France et à l'international (Inoui, Ouigo, Intercités, Eurostar, Thalys, etc) avec *SNCF Voyageurs Voyages SNCF* ; (iv) la mobilité partagée du quotidien (« mass transit ») en France et à l'international avec *KEOLIS* ; (v) le transport ferroviaire de marchandises avec Rail Logistics Europe (anciennement Fret et TFMM) ; (vi) le transport et la logistique de marchandises dans 120 pays avec *GEODIS*.

Des précisions sur la structure du groupe SNCF et les résultats par filiale sont également accessibles sur le site internet de l'entreprise ([ici](#)).

SNCF VOYAGEURS ET VOYAGES SNCF

► *SNCF Voyageurs* est le second opérateur ferroviaire en Europe et rassemble les activités dédiées au transport de voyageurs en France et à l'international. Au sein de *SNCF Voyageurs*, l'activité *Voyages SNCF* gère l'ensemble des mobilités longue distance à grande vitesse en France et en Europe. Elle regroupe certaines des marques / filiales phares du groupe : *InOUI* pour la grande vitesse classique, *Ouigo* pour la grande vitesse à bas coût, *Eurostar*, *Thalys*, *Lyria*... pour la grande vitesse européenne. Tant en chiffre d'affaires qu'en nombre de voyageurs transportés, *SNCF Voyageurs* est l'un des leaders européens de la mobilité ferroviaire faiblement carbonée. A ce titre, comme tant d'autres, SNCF se présente comme un acteur incontournable des mobilités de demain.

1.3. PROJETS FINANCES PAR LES GREEN BONDS

Les fonds récoltés seront affectés au financement de projets dits *éligibles* et qui relèvent de deux catégories :

- **Investissements d'achat de matériel apte à la grande-vitesse** : Il s'agit des investissements de renouvellement du parc TGV et son remplacement par des rames de dernière génération (TGV M et TGV EURODUPLIX U3FC) ;
- **Investissements de maintenance / rénovation du matériel apte à la grande-vitesse** : Il s'agit des opérations de maintenance lourde, appelées « opérations mi-vie » (OPMV) impliquant une remise en état complète d'une locomotive, d'un élément automoteur ou d'une rame automotrice, effectuée lorsque le matériel atteint la moitié de sa vie potentielle.

L'ensemble totalise un montant d'environ 200-300 m€ d'investissements par an.

1.4. CARACTERISTIQUES DE LA METHODOLOGIE

Avec l'ambition de proposer une méthodologie alignée sur les meilleures pratiques de marché, plusieurs principes ont présidé à la réalisation de l'approche proposée :

- **Un principe d'additionalité** : les fonds levés par les Green Bonds du groupe ne peuvent être affectés qu'à de nouveaux projets, avec une « look-back-period » maximale de 24 mois ;
- **Une principe d'évaluation de l'impact environnemental des projets sur l'intégralité du cycle de vie** : l'évaluation de l'impact carbone des projets intègre les émissions directes en phase d'exploitation mais également les émissions indirectes liées aux phases amont (construction) ou aval (recyclage). Même si les émissions amont n'ont pas été générées par SNCF, le groupe les intègre afin de refléter le véritable bénéfice écologique de ses investissements ;
- **Un principe d'exhaustivité** : dans la mesure du possible, SNCF intègre les « scopes » 1 (émissions directes), 2 (émissions indirectes liées aux consommations énergétiques) et une 3 (émissions indirectes liées aux phases amont/aval) de ses émissions ;
- **Un principe d'objectivité** : les hypothèses d'évolution du mix énergétique français et d'évolution des modes de transports concurrents sont réévaluées chaque année au regard des études les plus récentes en provenance des organismes externes de référence (Ademe, RTE,...). Les hypothèses internes au groupe sont explicitement indiquées dans la méthodologie et sont donc opposables ;
- **Un principe d'absence de double-comptage** : afin d'associer à ses actifs les émissions évitées qui leur reviennent, SNCF incorpore des règles d'allocation permettant de prévenir le double comptage des émissions évitées. Plus concrètement, cela implique (i) qu'indépendamment du projet financé, 80% des émissions évitées sont attribuées à l'infrastructure et 20% au matériel roulant, (ii) que pour les projets partiellement subventionnés ou co-financés, SNCF s'attribue la quote-part des émissions évitées au pro-rata des financements apportés.

En outre, SNCF certifie chaque année l'alignement de son « Green Bond Framework » aux principes édictés par les organisations référentes du marché, à savoir les « Green Bond Principles » de l'ICMA et les critères de la « Climate-Bond Initiatives » (CBI). Enfin, le groupe s'engage à produire annuellement un document synthétique de reporting des allocations et de l'impact environnemental de ses Green Bonds. Ce document est contrôlé par un cabinet d'auditeur externe dans le cadre d'une mission indépendante de celles des Commissariat aux Comptes.

La plupart des hypothèses de calcul contenues dans la présente méthodologie se rapportent au contexte français. Il s'agit en particulier des facteurs d'émissions des modes de transport, du contenu carbone de l'électricité, de la structure du territoire, des termes de la concurrence entre modes et du trafic réalisé par le réseau à grande vitesse.



2. PRESENTATION DES PROJETS ELIGIBLES

2.1. MATERIEL ROULANT A GRANDE VITESSE

2.1.1. Modèles et affectation commerciale

A fin 2020, le groupe SNCF dispose d'environ 400 rames aptes à la grande vitesse réparties en 15 modèles différents. Hors rames OUIGO, les rames sont généralement affectées à un axe de circulation correspondant à un découpage du Réseau Ferré National (RFN) en grands secteurs géographiques. Le groupe SNCF reconnaît 4 axes de circulation en France : un axe « Nord » pour les destinations TGV au Nord de Paris, un axe « Atlantique » pour les destinations sur la côte Atlantique, un axe « Est » pour les destinations en direction de la Champagne, de la Lorraine et de l'Alsace, et un axe « Sud-Est » pour les dessertes en directions de Lyon, de l'Auvergne, de la Savoie et de la Méditerranée. Hors rames OUIGO, 30% des rames sont affectées à l'axe « Atlantique » ; 30% à l'axe « Sud-Est », 15% à l'axe « Nord », 15% à l'axe « Est », et un peu moins de 10% le sont aux circulations européennes.

2.1.2. Modèles de rames et capacité

En fonction de leur capacité (nombre de sièges offerts), les 15 modèles de rames en circulation peuvent être regroupées en 6+1 types différents (+1 = TGV M).

Le **premier type**, d'une capacité de 456 places, concerne les rames TGV A pour TGV Atlantique. Comme leur nom l'indique, ces rames desservent l'Ouest de la France au départ de la gare Montparnasse et empruntent la LGV Atlantique. Il s'agit de rames électriques, aptes à la circulation à 300 km/h. Elles ont été mises en service entre 1989 et 1992 à l'occasion de l'ouverture de la première branche Ouest de la LGV Atlantique. Ces rames comportent 10 voitures réparties en 3 voitures de 1^{ère} classe et 7 voitures de 2^{nde}. Les rames TGV A ont réalisé leur opération mi-vie entre 2005 et 2010. Avec l'arrivée des nouvelles rames Euro-duplex, les premières radiations ont débuté en décembre 2015.



Extérieur de rame TGV A



Intérieur de rame TGV A

Le **deuxième type**, d'une capacité de 361 places, concerne les rames TGV R DOM (TGV R Bi-courant) & POS. Il s'agit de rames électriques circulant principalement sur les axes « Nord » et « Est » et aptes à la circulation à 320 km/h (POS). **A noter** : le 3 avril 2007, la rame 4402 POS a battu le record de vitesse du rail avec une vitesse de 574.8 km/h. Les rames POS ont

été mises en service entre 2007 et 2008 et les opérations de mi-vie ont été faites sur les remorques mais pas sur les motrices. Toutes les opérations de mi-vie ont été réalisées pour les rames R DOM. Ces rames comportent 8 voitures réparties en 3 voitures de 1^{ère} classe et 5 voitures de 2^{nde}.



Une motrice et une remorque en parade sur la Seine après le record de Mai 2007



Extérieur de rame TGV POS

Le troisième type, d'une capacité de 353 places, concerne les rames TGV R TRI & PLT : TRI pour « tri-tension » et PLT pour « Paris Lyon Turin ». Il s'agit de la deuxième sous-série de TGV Réseaux mis en service entre 1994 et 1996, notamment à la suite de l'ouverture de la LGV Nord. Les rames sont électriques et aptes à la circulation à 320 km/h. 6 rames PLT sont dédiées aux service SNCF Voyages Italie entre Paris et Milan tandis que les rames R TRI circulent sur l'axe « Nord » ainsi qu'entre Bruxelles et Marseille ou Strasbourg. Les rames TRI & PLT comportent 8 voitures réparties en 3 voitures de 1^{ère} et 5 voitures de 2^{nde}. Les opérations de mi-vie ont déjà été réalisée entre 2010 et 2013.



Extérieur de rame TGV TRI



Intérieur de la 1^{ère} classe d'une rame rénovée Christian Lacroix

Le quatrième type, d'une capacité de 509 places, concerne les rames RDUPLEX RNAI - DUPLEX – R-DUPLEX - DASYE - EURODUPLEX. Il s'agit de rames électriques mises en services entre 1995 et 2015 et aptes à la circulation à 320 km/h. Comme leur nom l'indique, elles sont constituées de voitures à deux niveaux, réparties en 3 voitures de 1^{ère} et 4 voitures de 2^{nde}. Ces rames circulent sur tous les axes. Les rames Duplex ont été livrées en plusieurs vagues : les premières entre 1995 et 1998, la vague suivante entre 2001 et 2006 à la suite de l'ouverture de la LGV Méditerranée en 2001, suivies des rames Réseau Duplex après 2007.

Les rames DUPLEX RNAI ont déjà réalisé leur opération de mi-vie, les rames R-DUPLEX ont réalisé une leur opération de mi-vie pour les motrices mais pas pour les remorques. Les rames DASYE et EURODUPLEX les plus récentes, n'ont pas eu l'occasion de réaliser leurs opérations de mi-vie.



Extérieur de rame TGV DASYE



Extérieur de rame TGV Euro-duplex

Le cinquième type, d'une capacité de 556 places, concerne les rames EURODUPLEX 3UFC « Océane » – DUPLEX rénovées. Les rames EURODUPLEX 3UFC correspondent à la dernière génération de rames neuves mises en service depuis 2016. Les rames Duplex rénovées sont des rames Duplex traitées depuis 2019 en opération mi-vie et transformées pour avoir un design intérieur similaire aux EURODUPLEX 3UFC. Ces rames sont aptes à la circulation à 320 km/h. Les rames 3UFC et DUPLEX RENOV circulent principalement sur l'axe « Atlantique » et l'axe « Sud-Est ». Les opérations de mi-vie des rames DUPLEX RENOV sont en cours.

Le dernier type, d'une capacité de 634 places, concerne les rames OUIGO, composées de motrices DASYE et de remorques DUPLEX reconverties conjointement aux opérations de mi-vie pour accueillir 20% de passagers en plus. Ce type comporte 38 rames en circulation sur des dessertes très circulées. Ce gain est rendu possible par moins d'espace pour les bagages, l'absence de première classe et de voiture-bar, et par l'utilisation d'un autre type de sièges.



Intérieur de rame OUIGO



Vue extérieure de rame OUIGO

FOCUS TGV M : LA 5^{EME} GENERATION DE RAMES A GRANDE VITESSE

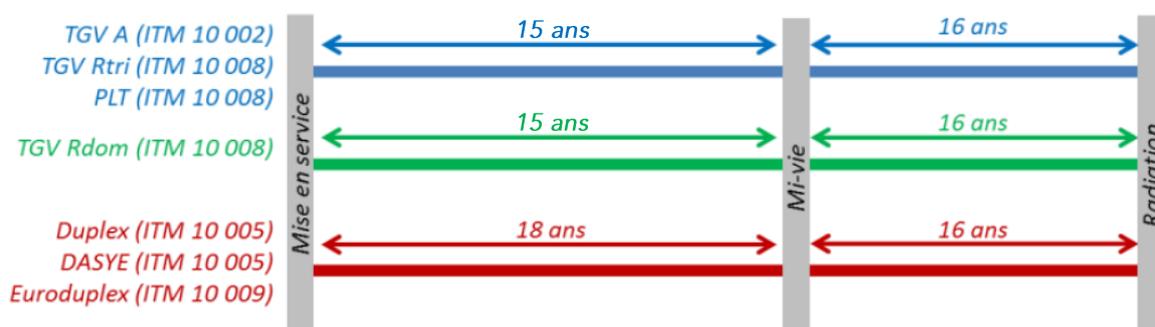
En 2018, SNCF a lancé la commande de 100 rames TGV M pour un coût total de 2.7 Mds €. La livraison des premiers trains est prévue pour 2023 et viendra progressivement remplacer les rames en fin de vie. Cet éco TGV, résultat d'un partenariat entre SNCF et Alstom a des coûts de fabrication, de maintenance et de consommation d'énergie réduits. Par exemple, le renvoi d'énergie vers la caténaire lors du freinage, l'écoconduite et sa forme aérodynamique permettent une réduction de 20% de la consommation d'énergie. Le matériel est recyclable à 97%, avec des matériaux plus respectueux de l'environnement, la conception engendre un bilan carbone amélioré de 32% par rapport aux rames actuelles. En outre, le coût d'acquisition est inférieur de 20% à celui des rames classiques et le coût de maintenance baissera de plus de 30%.

2.1.3. Cycle de vie des rames

Les cycles de vie des différentes séries de rames sont définis dans les ITM (inventaires des travaux de maintenance). La vie d'une rame est ponctuée de trois événements principaux :

- **La mise en service** : première mise en service de la rame ;
- **L'opération mi-vie (OPMV)** : correspondant aux opérations de maintenance lourde impliquant une remise en état complète d'une locomotive, d'un élément automoteur ou d'une rame automotrice, effectuée lorsque le matériel atteint la moitié de sa vie potentielle ;
- **La radiation** : la fin de circulation de la rame.

En fonction de la série étudiée, la période « mise en service » - « mi-vie » s'étend entre 15 et 18 ans. La seconde période, postérieure à la « mi-vie », s'étend sur 16 ans pour les rames classiques et 12 ans pour les rames OUIGO.

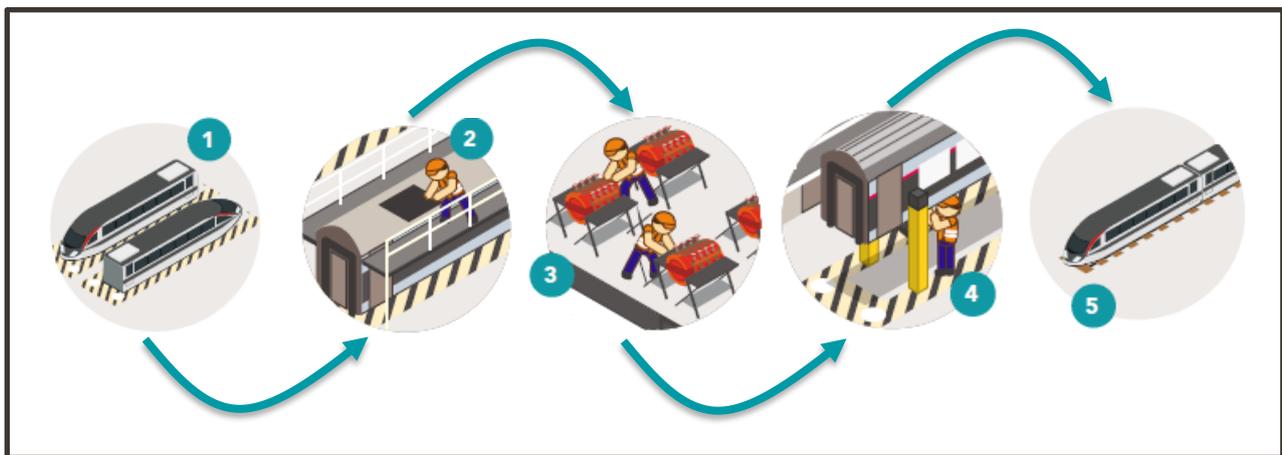


Les rames TGV du groupe SNCF affichent un taux de recyclage de la matière d'environ 92%. Les principaux matériaux réutilisés sont l'acier, le cuivre, l'aluminium, l'inox et le verre. La récupération massive de pièces pour réutilisation sur les parcs en activités permet de surcroît une économie en matières premières et en investissement.

2.1.4. Description d'une OPMV

Les opérations mi-vie du groupe ont lieu dans les deux technicentres industriels de Bischheim et Hellemmes. En moyenne, 4 à 5 mois sont nécessaires pour rénover une rame TGV. Les différentes étapes consistent en (1) un ensemble d'opérations préliminaires (désaccouplement motrices-remorques ou voitures), (2) le démontage des caisses pour permettre l'accès à la structure d'aménagement intérieur, (3) les traitements (structure expertisée, réparée, peinte et habillée de sa nouvelle livrée), (4) le remontage, le ré-accouplement et la remise en fonction de la rame, (5) une phase d'essai en ligne à la suite. Entre 2014 et 2020, 73 rames Voyages, 9 rames Eurostar et 18 rames Thalys ont été rénovées par le groupe.

Emissions évitées par un projet d'OPMV de rame



Source : interne



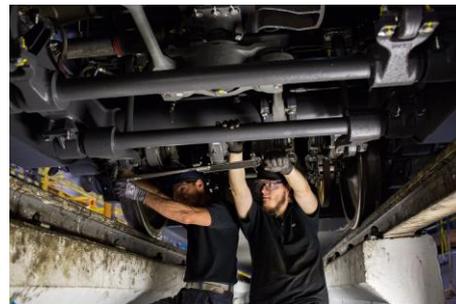
Garnissage à l'intérieur d'une remorque



Ré-accouplement d'un tronçon OUIGO



Opération mi-vie de la rame



Opération mi-vie de la rame

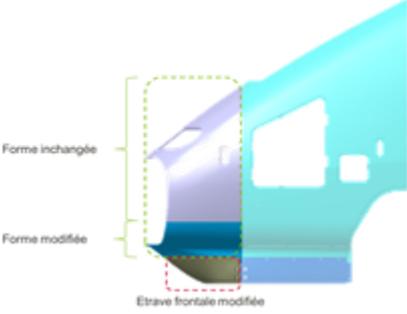
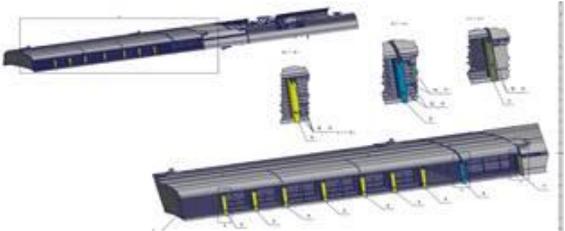
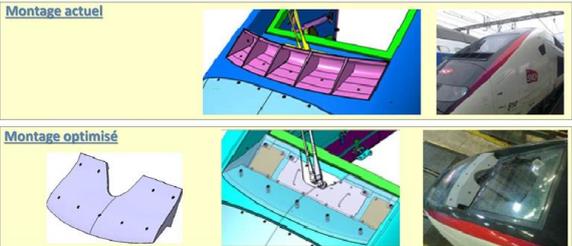
2.1.5. Projets d'optimisation énergétique (non financés par GB)

Dans une logique d'innovation continue, le groupe SNCF développe de nouvelles initiatives renforçant encore l'attractivité écologique du matériel roulant. Quelques exemples sont fournis ci-dessous :

- **Mises en place de compteurs d'énergie** : la mesure précise de la consommation permettra ainsi de définir de nouvelles actions visant à diminuer la consommation d'énergie de nos trains ;
- **Modification des logiciels de bord pour diminuer la consommation d'énergie (ECO DOORS TGV)** : Les portes de TGV restent ouvertes lorsque les rames sont garées en maintien de service, à la suite du passage des équipes de nettoyage ou de maintenance. Cette situation génère des ponts thermiques d'où des pertes d'énergie. En conséquence, a été réalisée une modification du logiciel du Système Informatique Embarqué des TGV afin d'activer une fermeture temporisée des portes, 30 minutes après la mise en maintien de service. Gain de 48 M Wh / rame / an.

On peut également inclure certains projets de recherche visant à améliorer le coefficient de pénétration (Cx) dans l'air des rames :

Projets d'amélioration du coefficient de pénétration dans l'air des rames

<p>Conception d'un carénage avant des TGV 2 niveaux composite optimisée pour l'aérodynamisme</p>	
<p>Mise en place de déflecteurs à différents endroits de la rame pour améliorer l'aérodynamisme.</p>	
<p>Remplacement du revers d'eau par un modèle optimisé : le revers d'eau optimisé permet de réduire à la résistance à l'avancement globale du train de 1% et une réduction des bruits en moyenne fréquence de 1,3 dBA à la vitesse de 300 km/h.</p>	

Source : interne

2.1.6. Elargissements (à venir) des bases d'actifs éligibles

Avec la volonté de progressivement verdir la totalité de ses financements, le groupe SNCF travaille au développement d'indicateurs et d'approches lui permettant d'élargir encore sa base d'actifs éligibles. Ces élargissements feront l'objet (i) d'une nouvelle méthodologie ou (ii) d'un addendum aux méthodologies existantes.

Quelques pistes de réflexion sont données ci-dessous :

- **Financement des CAPEX des autres activités Voyageurs** : Bien que le matériel roulant des activités TER et Transilien soit presque intégralement financé par les autorités publiques compétentes, certaines typologies de CAPEX restent à la charge du groupe. SNCF prévoit d'étendre la présente méthodologie à certain de ces actifs ;
- **Financement des constructions / rénovations des technicentres de maintenance** : Il s'agit des technicentres dédiés aux opérations de maintenance de niveau 1, 2 et 3 (maintenance légère) du matériel roulant. Courant 2021, SNCF envisage de compléter sa méthodologie « Matériel Roulant Grande Vitesse » pour y inclure les CAPEX des technicentres de maintenance ;
- **Financement de constructions / rénovations des technicentres industriels** : Il s'agit des technicentres industriels dédiés aux opération de maintenance 4 et 5 du matériel roulant (maintenance lourde) et structurés autour de quatre activités : (i) la maintenance du matériel roulant (dont les OPMV), (ii) la gestion des organes du matériel roulant (bogies, essieux, etc.), (iii) le traitement des pièces réparables du matériel et (iv) l'adaptation de séries complètes en cas d'évolutions techniques. Courant 2022, SNCF souhaite développer une méthodologie ad hoc pour cette catégorie de CAPEX.

SNCF communiquera de façon régulière, auprès de ses investisseurs, sur l'avancée de ses projets en développement.



À votre service
La Business
IIPREMIÈRE

3.IMPACT CARBONE DES PROJETS

3.1. CADRE CONCEPTUEL DE L'ANALYSE

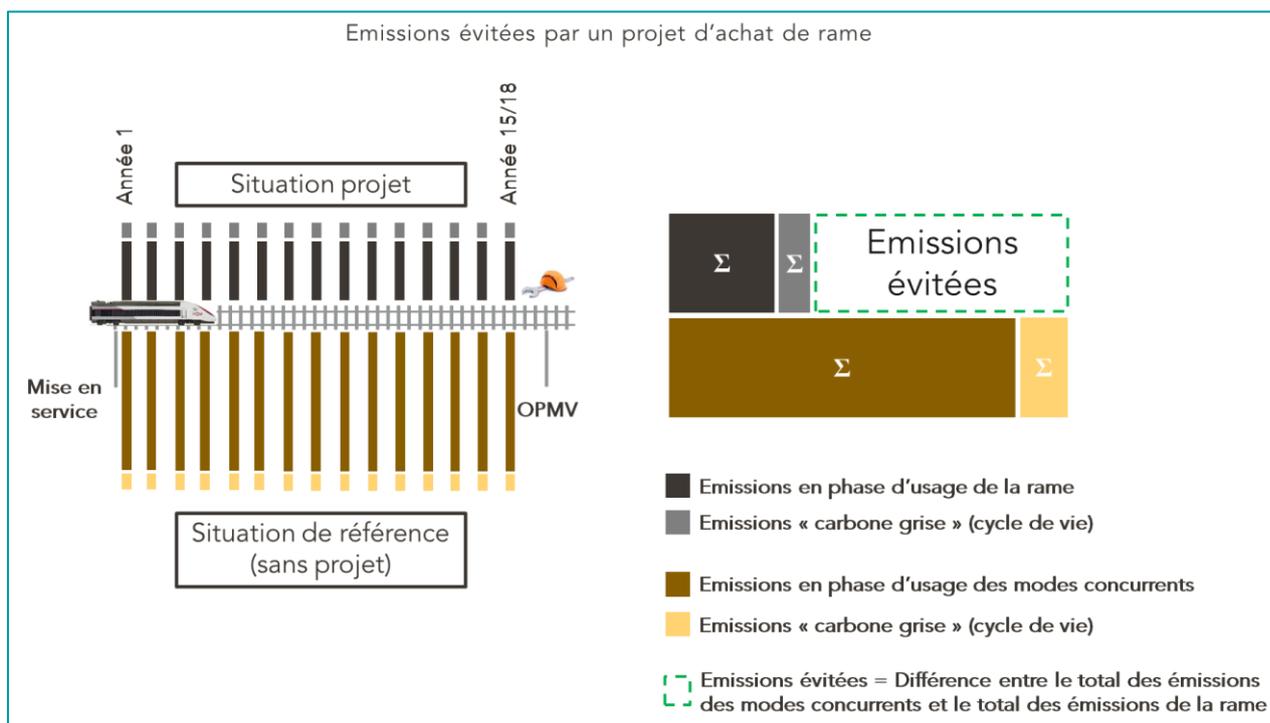
Afin de mesurer le bénéfice environnemental des investissements éligibles, SNCF calcule l'impact carbone des projets financés. La notion d'impact carbone et les principes méthodologiques associés sont précisés ci-dessous.

3.1.1. Impact carbone : définition et principes généraux

L'impact carbone d'un projet résulte de la comparaison des émissions totales du projet et des émissions du scénario de référence (scénario contrefactuel). Si les émissions induites par le projet sont inférieures à celles du scénario de référence, le projet étudié est considéré comme contribuant à la lutte contre le changement climatique.

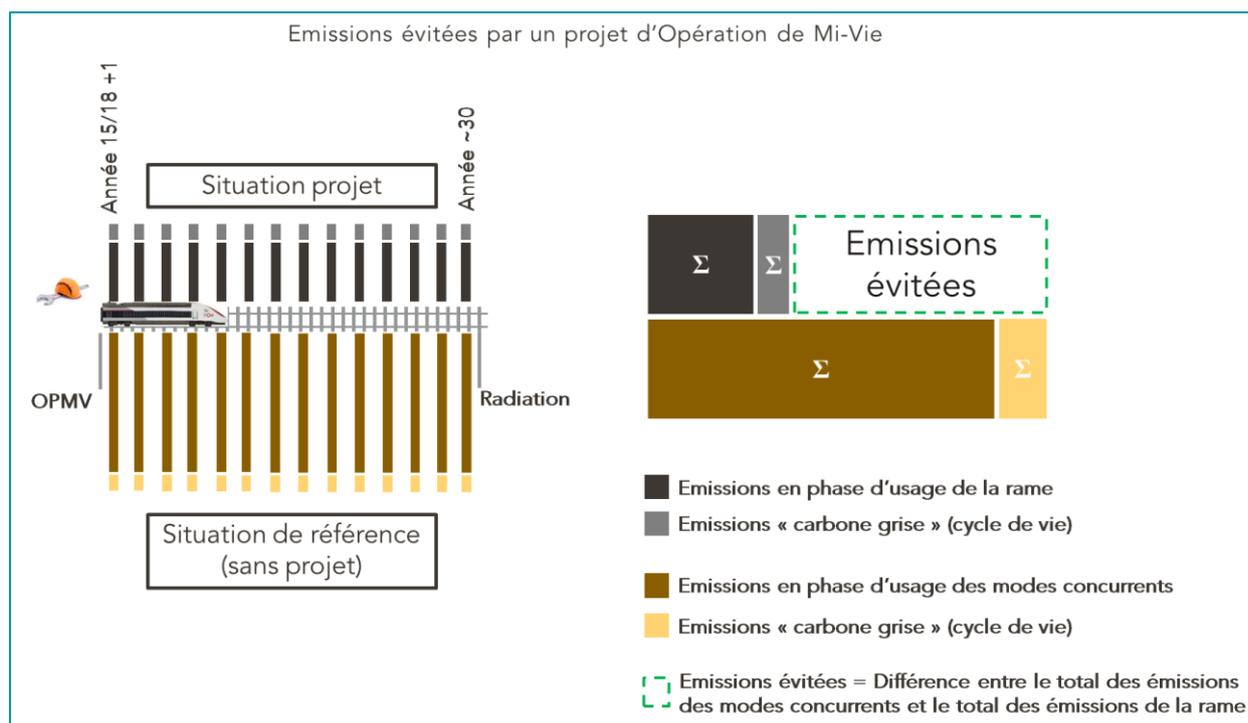
En raison de la nature de l'énergie utilisée (électricité) et de la densité de circulation propre au réseau Grande-Vitesse (GV), cela est le cas pour la totalité des projets d'achat / rénovation du parc TGV. Leur financement par les Green Bonds permet donc de valoriser le mode ferré par rapport aux autres modes de transport plus émetteurs en gaz à effet de serre (GES).

Impact carbone d'un projet d'achat de rame TGV



Source : interne

Impact carbone d'un projet d'OPMV de rame TGV



Source : interne

3.1.1.1. Justification d'un scénario de référence

« Un projet évite des émissions s'il existe un gain positif entre les émissions du projet d'une part, et les émissions du scénario de référence qui aurait eu lieu en l'absence du projet d'autre part. Une émission évitée est donc la différence entre un flux de gaz à effet de serre physique ayant réellement lieu (celui du projet), et un flux imaginaire de gaz à effet de serre qui n'a, par définition, pas eu lieu (celui du scénario contrefactuel) ». ¹

L'impact carbone des rames ne peut s'apprécier à l'aune de la seule prise en compte des émissions des rames. En l'absence de solution ferroviaire, la majorité des usagers recourrait à des modes concurrents plus polluants et contribuant davantage au changement climatique. En cela, le mode ferroviaire, bien que polluant, permet de grandement minorer les émissions de GES du secteur du transport.

Cette réalité nous permet de concevoir un scénario de référence, dans lequel :

1. En l'absence d'investissements d'achat ou de rénovation (OPMV), les rames concernées ne pourraient plus / pas circuler ;
2. Les usagers seraient contraints d'emprunter un mode concurrent (report modal).

Nous en déduisons qu'il convient d'apprécier l'impact carbone des actifs éligibles d'abord à l'aune de ce qu'ils évitent (émissions évitées). La pertinence du narratif décrit ci-dessus justifie et légitime l'analyse de l'impact carbone des projets d'investissement dans le matériel roulant.

¹ <http://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2020/04/Carbone-4-Referentiel-NZI-avril-2020.pdf>

3.1.1.2. Similitude des projets 'achat' et 'OPMV'

Bien que de natures distinctes, les projets d'achat ou d'OPMV impliquent peu de différences d'approche méthodologique. En effet, les deux typologies de projets entraînent des conséquences similaires :

- Les projets rendent possible un certain nombre d'années de circulation ;
- Les circulations entraînent le même calcul d'empreinte carbone ;
- Les circulations maintiennent un même niveau de trafic sur le rail et évitent un report modal vers les modes concurrents ainsi que les émissions de GES associées.

Les principales différences portent donc sur la nature du projet, le temps de circulation de l'actif et les montants d'investissements :

- **La nature des projets** : Un projet d'achat se traduit par la mise en circulation d'une rame neuve sur le réseau. Un projet d'OPMV se traduit par la rénovation d'une rame ayant déjà circulé ;
- **Le temps de circulation de l'actif** : Un projet d'achat permet une circulation de la rame pendant 15 à 18 ans. Après cela, la rame doit subir une rénovation de mi-vie (OPMV) permettant de prolonger sa durée de vie de 12 à 16 ans ;
- **Les niveaux d'investissement** : Un investissement d'achat est en moyenne 2x plus important qu'un investissement d'OPMV.

3.1.1.3. La question de la concurrence

L'ouverture à la concurrence des activités de transport de passagers procède de la réforme ferroviaire de 2018 et comporte un calendrier distinct pour les trois segments passagers (services librement organisés « open access », trains nationaux d'équilibre du territoire, transports régionaux). Depuis décembre 2020, en dehors de ceux rattachés à une convention de service public, l'organisation des services voyageurs est entièrement libre.

Il est décidé de ne pas prendre en compte l'ouverture à la concurrence dans l'attribution des émissions évitées liées au report modal. L'investissement dans le matériel roulant permet la continuité de l'offre ferroviaire et entraîne de fait un report modal positif au bénéfice de l'opérateur qui investit.

3.1.2. Impact carbone : une analyse projet par projet

SNCF souhaite étudier l'impact carbone des différents projets financés par ses Green Bonds. Dans la terminologie choisie, un projet se comprend comme le croisement d'une typologie de CAPEX (achat ou OPMV) et d'une typologie de rame (TGV A, EURODUPLICATEUR 3UFC...). Un projet peut donc comporter une ou plusieurs rames aux caractéristiques similaires. L'impact carbone d'un projet s'obtient donc par la multiplication de l'impact carbone d'une rame du projet par le nombre de rames du projet. Le fonctionnement par projet permet donc de grouper les actifs de même nature et aux impacts carbonés similaires.

4 exemples de projet en année n : 1 projet d'achat et 3 projets OPMV

Typologie de rame	Capacité	Typologie de projet	
		Achat	OPMV
TGV A	459	0	5 en année n
TGV RDOM & POS	361	0	0
TGV R PLT & TRI	353	0	0
TGV DUPLEX RNAI – RDUPLEX – DASYE - EURODUPLEX	509	0	0
TGV 3UFC – DUPLEX RENOV	556	0	4 en année n
TGV OUIGO	634	0	6 en année n
TGV M	600	7 en année n	0

Source : interne

A la différence de l'approche privilégiée pour le Réseau, les projets étudiés s'identifient parfaitement aux projets financés. Tous les projets éligibles au financement Green Bonds sont d'abord étudiés à l'aune de leurs caractéristiques propres. Le groupe n'emploie pas de valeur d'extrapolation qui permettrait de déduire l'impact carbone d'un projet à la lumière d'un projet représentatif. Cette approche est rendue possible par le nombre limité de projets annuels en ce qui concerne le matériel roulant.

Enfin, dans la mesure où tout projet d'achat ou de rénovation permet une économie carbone tardive, étalée dans le temps et résultant essentiellement de la phase de circulation de l'actif sur 15 à 20 ans, l'évaluation est réalisée *ex-ante*, c'est-à-dire en amont des circulations effectives.

En cela, SNCF reste cohérent avec l'approche réalisée sur le Réseau.

3.2. EMPREINTE CARBONE ET CARBONE GRIS

Dans un souci d'exhaustivité et de cohérence avec l'approche développée sur le Réseau, SNCF souhaite tenir compte du **poids carbone complet de ses actifs** ; soit (i) les émissions issues des phases de **construction/entretien/fin-de-vie** des actifs (carbone gris) mais également (ii) les émissions issues de la phase de circulation.

SNCF souhaite profiter de cette partie (3.2.) pour revenir sur les modalités de prise en compte du « carbone gris » dans l'empreinte carbone des projets éligibles. Les émissions de phase d'usage sont étudiées dans la partie « émissions évitées » (3.3.).

3.2.1. Prise en compte du carbone gris dans les FE

Le « carbone gris » est entendue comme les émissions de carbone résultant de l'énergie consommée lors du cycle de vie d'un matériau ou d'un produit : la fabrication, l'entretien et le recyclage.

La consommation « d'énergie grise », à l'instar de la consommation d'énergie électrique, implique un rejet d'émissions de CO_{2e} dont nous devons également tenir compte dans notre analyse d'empreinte carbone. Pour cela, un facteur d'émission « carbone gris » sera attribué à chaque mode de transport. Ces facteurs d'émissions (FE) seront exprimés en gCO_{2e}/passager.km et viendront s'ajouter aux FE de la circulation.

3.2.2. Modalités d'actualisation des facteurs d'émissions

Les émissions carbone « carbone gris », liées au cycle de vie des modes de transport, seront déduites des éléments de littérature disponibles à date. Le groupe SNCF travaille à la construction d'une approche pertinente. Les facteurs d'émissions utilisés pour les modes de transport concurrents seront précisés dans les rapports annuels d'impact Green Bond.

Les facteurs d'émissions d'empreinte carbone seront susceptibles d'être réévalués en fonction de la parution d'études réalisées sur le sujet. Ces réévaluations seront suivies et justifiées au moment de la publication des différents rapports annuels d'impact Green Bond.



3.3. EMISSIONS EVITEES EN PHASE D'USAGE

3.3.1. Emissions induites par les projets

3.3.1.1. Principes généraux et périmètre

Bien qu'extrêmement favorables du point de vue des émissions évitées, les projets financés restent émetteurs de CO₂e dans la mesure où les circulations nécessitent une consommation d'électricité. Avant de démontrer la pertinence écologique de la solution TGV, il est donc nécessaire de comprendre les niveaux d'émissions induits par la circulation des actifs.

Le calcul des *émissions induites* se construit selon les paramètres suivants :

- Le niveau d'émissions (FE) du mode TGV en phase de circulation ;
- Le niveau d'utilisation de la rame en termes de circulation (distance) et de passagers transportés (voyageurs).

3.3.1.2. Détermination des facteurs d'émissions TGV

3.3.1.2.1. Modalités de calcul des facteurs d'émission TGV

En phase d'usage, les émissions CO₂e des actifs éligibles proviennent de la consommation d'électricité de la traction ferroviaire. Il s'agit de l'ensemble des émissions « indirectes » relatives à la production de l'électricité consommée, à savoir les émissions de scope 2 (émises à la centrale) ainsi que les émissions de la phase amont (scope 3).

Le matériel Grande Vitesse étant totalement électrifié, le groupe SNCF ne comptabilise pas d'émissions directes ('tail-pipe') pour ses actifs éligibles.

3.3.1.2.2. Facteurs d'émissions et typologie de rames

Chaque année le groupe SNCF, via la direction de l'engagement sociétal et de la transition écologique (DESTE), recalcule les facteurs d'émissions « *Train* » n-1 sur la base des données réelles. Pour chaque type de train, la quantité moyenne de CO₂e émise par voy-km est calculée en divisant la consommation d'énergie de l'année n-1 par le nombre de voyageurs transportés de l'année n-1 et la distance qu'ils ont parcourue.

Chaque année, SNCF distingue 3 facteurs d'émissions TGV : un FE TGV INOUI, un FE TGV OUIGO, un FE TGV Lyria. Dans le cadre de son exercice Green Bond, SNCF reconstruit un FE TGV M sur la base du FE TGV INOUI.

Cette répartition des modèles de rames en 3 catégories de train selon leur « facteur d'émission » (FE), se justifie ainsi :

- Un FE pour la plupart des trains à grande vitesse (TGV INOUI), correspondant à l'usage classique des rames historiques, sans davantage de distinction ;
- Un FE pour les trains OUIGO pour tenir compte de leur plus grande capacité d'emport et de leur circulation exclusive sur des axes à forte demande ;
- Un FE pour les trains TGV M pour tenir compte de la dimension plus capacitaire des

rames TGV M en plus des innovations techniques permettant de réduire de 20% le niveau de consommation énergétique par voyageur-km par rapport à une rame INOUI classique.

Facteur d'émission par modèle et typologie de rame (gr CO₂e par voy.km)

Modèle	Typologie par capacité	Capacité	Typologie FE	FE 2019 (gr CO ₂ e /voy-km)
TGV A	TGV A	459	TGV INOUI	1.90
Rdom	TGV R DOM & POS	361		
POS				
Rtri	TGV R TRI & PLT	353		
PLT				
Duplex	DUPLIX RNAI - RDUPLEX - DASYE - EURODUPLEX	509		
R-duplex				
Néoduplex				
Dasye				
3UFC	3UFC - DUPLEX RENOV	556		
Duplex-Renov				
TGV M	TGV M en format INOUI	600	TGV M	1.27
OUIGO	OUIGO	634	TGV OUIGO	0.73

Source : interne

3.3.1.2.3. Evolution des facteurs d'émission TGV

Sur la base du bilan prévisionnel RTE 2019, SNCF recalcule chaque année un facteur d'émission de l'électricité en se fondant sur les niveaux de production d'électricité (TWh) aux émissions de CO₂e (Mt CO₂e) du secteur de l'énergie. En 2018, ce facteur d'émission était de l'ordre de 38,5 grammes de CO₂e/KWh. RTE propose une valeur prévisionnelle 2025 à 19,2 gr CO₂e /KWh.

Pour chaque typologie de FE train, les facteurs d'émission évoluent comme suit :

- **Pour $t \leq 2025$** : Les FE train évoluent au même rythme que le FE production d'électricité. SNCF recourt au bilan prévisionnel RTE 2019 afin de déterminer les deux points fixes 2018 et 2025 et applique, pour les années intermédiaires, un taux de croissance linéaire entre ces deux points ;
- **Pour $2026 < t \leq 2035$** : Entre l'année 2026 et 2035, les FE train évoluent au même rythme que le FE production d'électricité, à savoir -0.9% par an jusqu'en 2035 ;
- **Pour $t \geq 2036$** : Après 2036, les FE train évoluent au même rythme que le FE production d'électricité, à savoir -0.5% par an.

La mise à jour des FE réels s'effectue annuellement et est vérifiée par nos Commissaires aux Comptes avant publication : [ici](#). La méthodologie utilisée pour le calcul de ces FE est conforme au guide méthodologique publié par l'État français pour l'Information GES des prestations de transport².

² <https://www.ecologie.gouv.fr/information-ges-des-prestations-transport>

3.3.1.3. Calcul des voy-km et évolution du trafic

Les voyageurs-kilomètres sont un élément essentiel du calcul de l'impact carbone. En effet, pour déterminer l'impact carbone des projets, il est nécessaire de déterminer le nombre de voyageurs-kilomètres ferroviaires qu'ils permettent en remplacement des voyageurs-kilomètres réalisés par les autres modes plus émissifs. Un moyen d'estimer les voy-km ferroviaires est d'utiliser (i) le trajet parcouru par les rames éligibles et (ii) le nombre de passagers transportés. En combinant ces informations, il est possible de calculer les voy-km ferroviaires qui, confrontés aux facteurs d'émissions des rames, puis des modes concurrents, permettent de déduire l'impact carbone des projets.

Les voy-km dépendent de deux hypothèses communes au parc de matériel et d'une hypothèse liée à la typologie de rame.

Hypothèses communes permettant de garantir une rentabilité minimale des actifs :

- L'hypothèse de distance moyenne annuelle parcourue par les rames : quelle que soit la typologie de rame ou la typologie de projet, nous considérons qu'une rame en phase de circulation circule chaque année 450 000 km sur le RFN ;
- L'hypothèse du taux d'occupation dynamique des rames : Le taux de remplissage par rame est indépendant de la typologie de rame. Il dépend des projections commerciales réalisées par le groupe. Ce taux de remplissage se calcule à l'échelle de la flotte et se construit par comparaison entre les projections de voyageurs-kilomètres circulés et l'offre totale de places kilométrique offertes (PKO).

Hypothèses liées à la typologie de rame :

- La capacité de la rame (places offertes) : La capacité de la rame correspond au nombre de place commerciales offertes à la circulation. En fonction de la typologie de rame, la capacité s'étend de 353 à 634 places. Rapportée au taux d'occupation dynamique moyen de la flotte TGV, il est possible de déduire le nombre de passagers transportés pour chaque typologie de rame.

Pour chaque année et typologie de rame, les voy-km se calculent ainsi :

$$\text{Voy-km}_{\text{année } n \text{ \& } \text{rame } k} = 450\,000 * \text{taux d'occupation dynamique}_{\text{année } n} * \text{capacité}_{\text{rame } k}$$

3.3.1.4. Calcul des émissions induites en phase d'usage

Les émissions induites en phase d'usage s'obtiennent par la somme, sur le périmètre temporel du projet, des émissions induites ; ces dernières étant elles-mêmes calculées comme le produit des voy-km par le FE train.

Nous rappelons que le temps de circulation dépend de la typologie de projet : un projet d'achat permet une circulation de la rame pendant 15 à 18 ans, après quoi, la rame doit subir une rénovation mi-vie (OPMV) permettant de prolonger sa durée de vie de 12 à 16 ans.

$$\text{Emissions induites par un projet} = \sum_{t=1}^{12-18} FE(t) * (V.KM(t))$$

3.3.2. Emissions induites par la situation de référence

3.3.2.1. Principes généraux et périmètre

Les projets d'achat / rénovation de la flotte ferroviaire permettent un maintien de l'offre ferroviaire à un niveau de circulation optimal. Sans ces investissements, le nombre de rames en circulation diminuerait et les usagers seraient contraints de se reporter sur des modes concurrents (report modal). De ce fait, les projets financés permettent d'éviter le report des voy-km du mode train vers des modes concurrents (avion, voiture, autocar).

L'analyse des émissions évitées se construit donc sur les paramètres suivants :

- Le niveau d'émissions (FE) des modes concurrents en phase de circulation ;
- La dynamique de report des voy-km du train vers les modes concurrents.

Les principes pour les déterminer ainsi que leur mise en application sont exposés par la suite.

3.3.2.2. Détermination des FE des modes concurrents

3.3.2.2.1. Modalités de calcul des FE concurrents

Dans un souci de cohérence, SNCF évalue les émissions 'phase d'usage' des modes concurrents sur le même périmètre que celles des émissions induites par ses projets (émissions directes et indirectes). Aussi, pour les modes concurrents, SNCF prend en compte (i) les émissions « directes » liées aux consommations de carburants fossiles et (ii) les émissions « indirectes » liées, d'une part, aux consommations d'électricité et d'autre part, aux phases amont des fluides énergétiques.

3.3.2.2.2. Facteurs d'émissions des modes concurrents

Les facteurs d'émission (FE) utilisés pour les modes concurrents correspondent aux quantités moyennes de CO₂ émises par un voyageur sur un kilomètre. Ils sont également exprimés en gramme de CO₂ / voy-km.

Les valeurs récentes de la plupart des FE par mode sont connues et peuvent dépendre du périmètre géographique étudié (cf. Tableau ci-dessous).

Facteurs d'émission (gr CO_{2e} / voy-km) des modes concurrents

Modes de Transport		2020
Train de voyageurs	TGV	1.7
	Intercités	5.3
	Train/RER IDF (valeur moy IDFM)	4.1
Voiture	longue distance (tx d'occ : 2,2 pers.)	79.1
	courte distance (tx d'occ : 1,4 pers.)	152.1
	Parcours mixte (tx d'occ : 1,6 pers.)	120.6
Avions	Court Courrier, avec trainées de condensation	258.0
	Moyen Courrier, avec trainées de condensation	187.0
Autocars	Autocar gazole (tx d'occ. 30 pers.)	26.0
	Autocar gazole (tx d'occ. 30 pers.)	35.0
	Autocar gazole (tx d'occ. 30 pers.)	30.0
	Autobus moyen (Agglo < 100 000 hab.)	146.0

Source : interne

3.3.2.2.3. Evolution des facteurs d'émission

L'estimation des émissions évitées par un projet d'investissement portant sur plusieurs décennies est amené à évoluer dans le temps, sous l'effet d'un grand nombre de paramètres (performance énergétique des véhicules de transport, remplissage des véhicules, évolution des usages, contenu en GES de l'électricité, changement de vecteur énergétique, etc.). Des trajectoires d'évolution des FE sont ainsi à définir afin de prendre en compte ces paramètres dynamiques durant la période d'étude.

Plusieurs sources ont été mobilisées concernant les facteurs d'émission :

- Les FE des modes de transport en 2020 (calculés sur la base d'unités d'œuvre d'années antérieures et donc non affectés par la crise du Covid-19) sont issus de la Base Carbone de l'ADEME. Ces valeurs incluent les émissions amont des énergies utilisées ;
- L'évolution des FE jusqu'en 2050 est donnée, pour la voiture, par le Scénario Energie climat 2035 – 2050 de l'ADEME et pour l'autocar longue distance, par une étude de prospective du CGDD³. L'évolution du FE du transport aérien est issue du scénario 4DS de l'Agence internationale de l'énergie⁴, considéré comme le plus réaliste vis-à-vis des émissions du transport aérien⁵.

3.3.2.3. Hypothèse de report modal et affectation des voy-km

3.3.2.3.1. Construction des hypothèses de report modal

Le scénario de référence pour le calcul des émissions évitées établit que les voyageurs se reporteraient progressivement vers les modes concurrents si l'investissement dans le matériel roulant n'était pas réalisé par le groupe SNCF. En effet, à défaut d'investissement, les rames TGV actuelles poursuivraient leur usage jusqu'à atteindre une certaine limite acceptable en termes de coût et de fiabilité. Les rames seraient alors progressivement radiées, réduisant la capacité de transport du système TGV et poussant les voyageurs vers d'autres trains ou d'autres modes ou même à renoncer à leur voyage.

Les hypothèses de report sont construites à partir des modèles de trafic disponibles au sein de la Direction Développement de Voyages SNCF. Ces modèles sont utilisés pour établir les prévisions de trafic et recettes dans le cadre des projets d'infrastructure (lignes nouvelles, gares nouvelles) et de modification de desserte.

- Ils reposent sur une année de base statistique reprenant l'ensemble des données réelles du marché (pour le ferroviaire, l'offre réellement mise en place, les billets vendus, les correspondances et les prix réels payés. Pour les autres modes, des données de fréquentations, de prix et d'offre issues d'organes de collecte) ;
- Les modèles permettent d'estimer le report modal de la route, l'induction, le report modal aérien, autocar et covoiturage ;
- Un modèle de répartition permet d'estimer l'affectation des trafics ferroviaires selon

³ Source : CGDD, Projections de la demande de transport sur le long terme, 2016.

⁴ AIE, Energy Technology Perspectives 2016.

⁵ Une étude de cohérence ad hoc a été réalisée afin d'estimer la trajectoire d'évolution du facteur d'émission de l'aérien. Les valeurs obtenues sont extrêmement proches de celles du scénario 4DS de l'AIE, validant ainsi la pertinence de retenir ce scénario.

les différents transporteurs ferroviaires ;

- Ces modèles sont sensibles aux variables économiques globales, aux niveaux de service des modes (fréquences, temps de parcours, prix, temps de rabattement/diffusion, etc.).

La simulation effectuée se base sur les statistiques de l'année 2019.

Elle a permis d'évaluer l'évolution globale des trafics ferroviaires induite par une diminution importante des fréquences TGV (INOUI+OUIGO) (conséquence du scénario « sans projet »), sur un panel de 500 Origine-Destination (OD) gare à gare représentant plus de 95% du trafic de Voyages SNCF en France. Les offres concurrentes à TGV ne sont pas modifiées. Pour en tenir compte, il a été procédé à un relèvement de la part modale de l'aérien à hauteur de l'évolution du trafic aérien observé sur les liaisons TGV sans LGV sur les vingt dernières années.

3.3.2.3.2. Hypothèses de report modal

Le report modal des voy-km réalisés en TGV se traduit par les hypothèses de répartition suivantes :

- 19 % vers les trains classiques (17 % vers TER, 1,5 % vers Intercités) ;
- 53 % vers la voiture ;
- 22 % vers l'avion ;
- 6 % vers l'autocar.

3.3.2.3.3. Equivalence de distance selon le mode utilisé

Le report de trafic du train vers les autres modes dans le scénario de référence doit également prendre en compte l'écart de distance entre les itinéraires selon le mode de transport. Par exemple, la distance entre Paris et Toulouse est de 572 km à vol d'oiseau (entre les aéroports d'Orly et de Blagnac), 678 km par la route (de centre à centre), 794 km par le train (de gare à gare via Bordeaux).

Il est donc nécessaire de corriger le volume de trafic reporté du train vers les autres modes par des coefficients de conversion des voy-km en TGV en voy-km d'autres modes. Les coefficients suivants sont des moyennes nationales pondérées par les trafics :

- TGV => route : 0,869 ;
- TGV => avion : 0,754 ;
- TGV => autres trains : 1.

3.3.2.4. Emissions des modes concurrents en phase d'usage

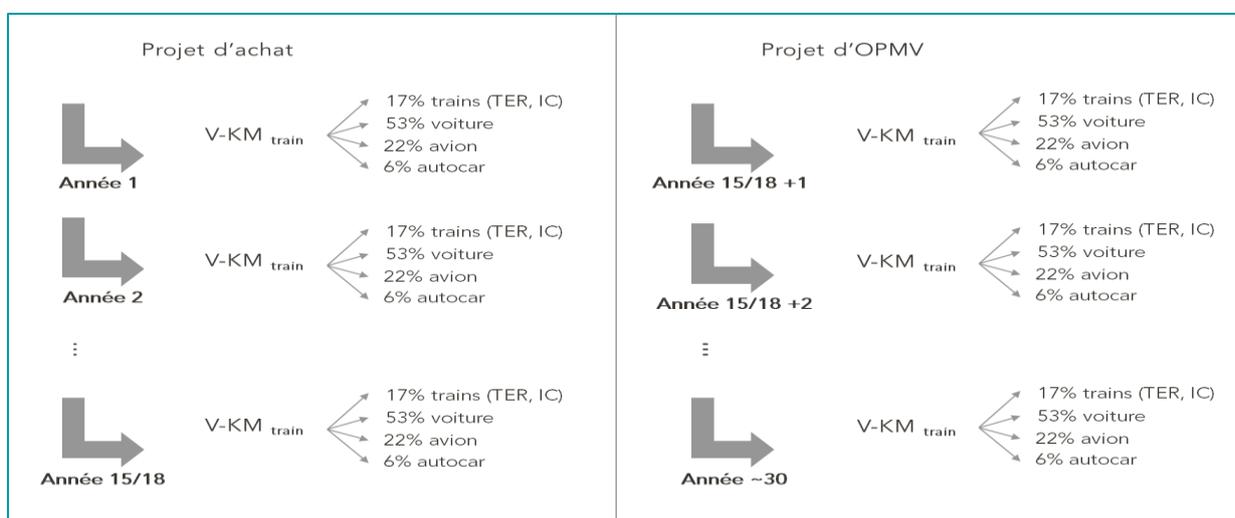
Les émissions des modes concurrents regroupent les émissions de l'ensemble des modes concurrents en fonction des voy-km train qui leur ont été alloués.

Pour chaque mode concurrent, et pour chaque année, le calcul des émissions induites multiplie les paramètres que nous venons d'étudier : le [voy-km du mode] X [le coefficient d'équivalence des distances du mode] X [le Facteur d'émission du mode].

L'analyse est ensuite complétée sur l'ensemble des modes concurrents et sur l'ensemble des années du projet ferroviaire.

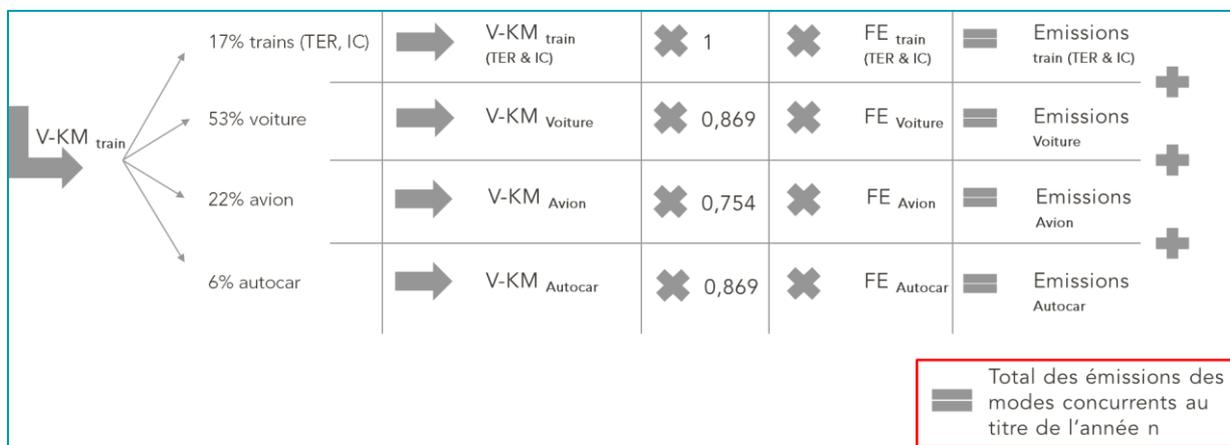
La comparaison des émissions des modes concurrents du scénario de référence et des émissions induites par le projet permet de déterminer les émissions évitées en phase d'usage par le projet ferroviaire financé par les Green Bonds du groupe.

Allocation des voy-km train aux modes concurrents



Source : interne

Calcul des émissions des modes concurrents en phase d'usage en année n



Source : interne

3.3.3. Analyse différentielle en phase d'usage

3.3.3.1. Eviter les doubles-comptes : les règles d'allocation

Les règles d'allocation permettent de prévenir le double comptage d'émissions évitées au titre de plusieurs investissements intervenant sur une même liaison, en tenant compte de la juste contribution d'un actif du système ferroviaire à la production du service ainsi que de la juste contribution d'un contributeur au financement de l'investissement.

Pour calculer l'impact carbone d'un investissement, l'ensemble des émissions évitées attribuables au transport ferroviaire doit être réparti entre les différents actifs concourant à la production du service, proportionnellement à l'investissement nécessaire pour chacun d'eux.

La méthodologie Green Bonds du groupe SNCF a jusqu'à présent retenue une quote-part de 20% des émissions évitées revenant aux investissements dans le matériel roulant. Ce rapport a été calculé sur la base de la répartition des CAPEX de renouvellement des actifs ferroviaires. En conséquence, seules 20% des émissions évitées des projets sont effectivement attribuées au matériel roulant, les 80% restants étant attribués à l'infrastructure.

3.3.3.2. Résultat des émissions évitées en phase d'usage

Dans l'attente d'une étude d'impact sur les vrais paramètres des projets, SNCF a conduit une simulation des impacts indicatifs des TCO_{2e} évitées par millions d'euros investis dans ses projets d'achat / OPMV de la flotte Grande-Vitesse.

Pour les projets d'achat, nous avons retenu les paramètres suivants :

- Un prix d'achat de 30 M€ par unité ;
- Une durée de vie Achat-OPMV de 15 ans ou 18 ans en fonction des modèles.

Pour les projets d'OPMV, nous avons retenu les paramètres suivants :

- Un prix d'achat de 15 M€ par unité ;
- Une durée de vie OPMV-radiation de 16 ans pour tous les modèles et de 12 ans pour les rames OUIGO.

Nous retenons un impact compris entre 700 et 1 400 TCO_{2e} évitées par millions d'euros investis pour les projets d'achats et entre 1 700 et 3 700 TCO_{2e} évitées par millions d'euros investis pour les projets d'OPMV.

Impact des projets financés par les Green Bonds

Modèle	Typologie par capacité	Capacité	Impact achat	Impact OPMV
TGV A	TGV A	459	931	1 746
Rdom	TGV R DOM & POS	361	732	1 373
POS				
Rtri	TGV R TRI & PLT	353	716	1 342
PLT				
Duplex	DUPLEX RNAI - RDUPLEX - DASYE - EURODUPLEX	509	1 175	2 203
R-duplex				
Néoduplex				
Dasye				
3UFC	3UFC - DUPLEX RENOV	556	1 284	2 407
Duplex-Renov				
TGV M	TGV M en format INOUI	600	1 398	2 622
OUIGO	OUIGO	634	-	3 723

Source : interne



3.4. RESULTATS DE L'IMPACT CARBONE

L'impact carbone complet des projet intègre les phrase d'usage et de conception des matériels.

Cette partie de la méthodologie sera mis à jour dès finalisation des Facteurs d'émission carbone gris sur lesquels travaille le groupe SNCF.



