LE BRUIT FERROVIAIRE EN QUESTIONS & RÉPONSES

UN DOCUMENT COPRODUIT
PAR SNCF RÉSEAU ET FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT

SNCF RÉSEAU

Nous remercions tout particulièrement Dominique Bidou qui a accepté de signer l'édito de ce document.

France Nature Environnement remercie également Michel Riottot et Anne Lassman-Trappier pour leurs précieuses contributions.

Document édité par France Nature Environnement et SNCF Réseau.
France Nature Environnement – 81/83 boulevard de Port Royal – 75013 PARIS
SNCF Réseau – 15/17 rue Jean Philippe Rameau – 93418 LA PLAINE SAINT-DENIS CEDEX

Dépôt légal : décembre 2018

Rédacteurs France Nature Environnement : Mayalen Cheverry, Demba Diedhiou et Jean Thévenon
Rédacteurs SNCF Réseau : Julienne Cotte, Anne Guerrero, Jean-Philippe Regairaz et Christophe Karlin

Crédits photos : SNCF Réseau (couvertures, p8, p17, p18, p35, p36), Jean-Pierre Porcher (p6), CAPA/Alexandre Mostras (TOMA) (p9, p28), CAPA Pictures/Rudy Burbant (p13), RECOURA Christophe (p14), CAPA/William Daniels (TOMA) (p19), CAPA/Marie Genel (TOMA) (p20, p22), CAPA/Laurent Rothan (TOMA) (p21), CAPA PICTURES/M.Baillet (p25), FOSSE Didier (p31), CAPA Pictures/Ph.Giraud (p34, p38-39), Sébastien Godefroy (p37)
Conception graphique : Matthieu Nivesse

SOMMAIRE

5 ÉDITO

7 INTRODUCTION

8 POURQUOI LE MODE FERROVIAIRE EST-IL UN ATOUT MAJEUR POUR L'ENVIRONNEMENT ?
- Moins d'émissions de gaz à effet de serre
- L'efficacité environnementale en termes d'émissions de CO_2
- Des émissions limitées de particules
- Des émissions limitées d'oxydes d'azote (NOx)
- Une moindre consommation d'espace
- Une moindre consommation d'énergie
- Un mode de transport sécurisé
- Moins de personnes exposées au bruit ferroviaire qu'à celui des autres modes de transport
- Une moindre gêne sonore par rapport aux autres modes

13 QU'EST CE QU'UN BRUIT ?
- Intensité, fréquence et durée
- Une échelle pour mesurer le bruit
- Les effets du bruit sur la santé
- Une arithmétique particulière
- Les méthodes d'évaluation du bruit

20 QUELLES SONT LES SPÉCIFICITÉS DU BRUIT FERROVIAIRE ?
- Le bruit de roulement (contact roue/rail)
- Les autres sources du bruit
- De la source au récepteur

22 LA GÊNE FACE AU BRUIT : UNE AFFAIRE DE PERCEPTION ?
- Le bruit instantané
- La dose de bruit
- La prédictibilité des résultats
- Les indicateurs utilisés

28 QUELLE EST LA RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE BRUIT FERROVIAIRE ?
- Le volet préventif
- Le volet curatif

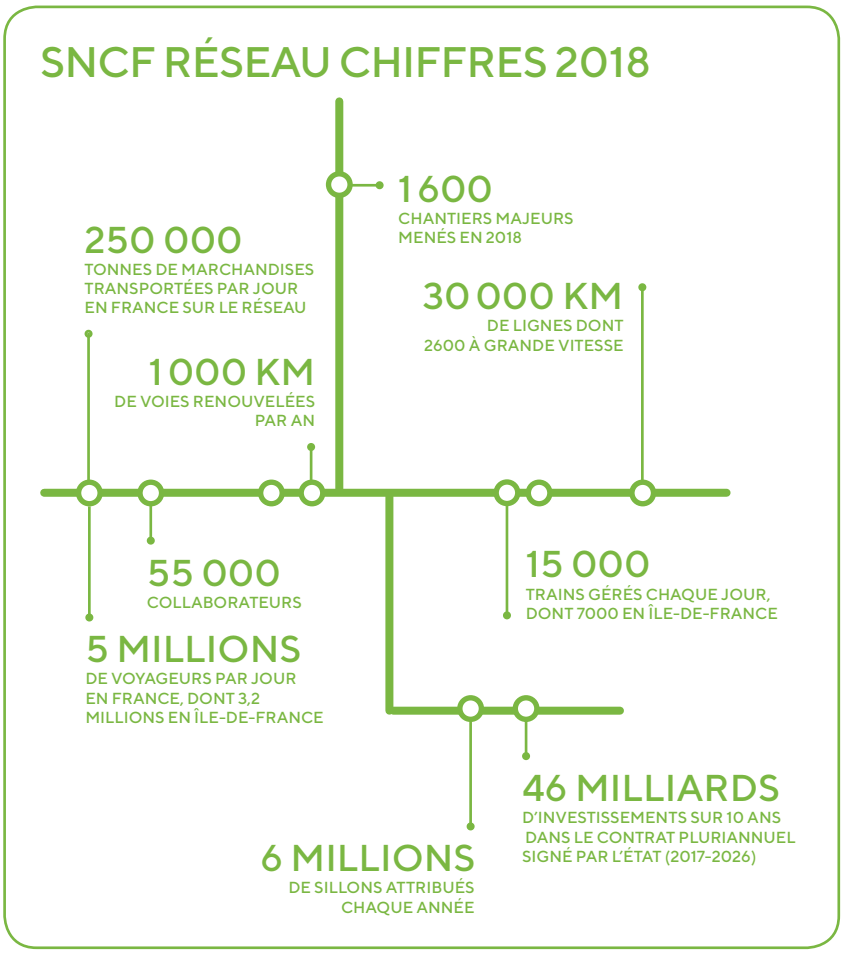
34 COMMENT SNCF RÉSEAU TRAITE LE BRUIT FERROVIAIRE ?
- Les mesures et modélisations
- Les actions pour réduire le bruit
- Les actions complémentaires pour protéger les riverains le long du réseau existant

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT EN BREF

France Nature Environnement est la fédération française des associations de protection de la nature et de l'environnement. Elle est la porte-parole d'un mouvement de 3500 associations représentant 880 000 bénévoles et regroupées au sein de 71 organisations adhérentes, présentes sur tout le territoire français, en métropole et outre-mer. Des sommets des Alpes aux mangroves de Guyane, nous cherchons, trouvons et faisons connaître les moyens qui existent pour réduire notre impact sur l'environnement et nous nous battons pour une nature préservée.

SNCF RÉSEAU EN BREF

Au sein de SNCF, groupe public ferroviaire, SNCF Réseau gère, maintient, développe et commercialise les services offerts par le réseau ferré national.



EDITO

Par Dominique BIDOU
Ancien président
du Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit

Le développement durable nous conduit à combiner plusieurs objectifs, et c'est parfois bien difficile. Disons qu'il faut satisfaire à des exigences globales, planétaires, et des exigences locales, de vie quotidienne, avec parfois des contradictions, dont il faut sortir « par le haut ».

Le bruit est un marqueur de la qualité de vie. Phénomène complexe, avec ses volets physiques, physiologiques et psychologiques. Phénomène fugitif mais ancré dans l'organisation des territoires et des infrastructures.

Le bruit ferroviaire illustre parfaitement les contradictions qu'il faut affronter. Deux légitimités s'opposent souvent. D'un côté la performance environnementale du rail, plus économe en énergie, en carbone et en espace, et de l'autre l'environnement sonore des populations riveraines. Deux exigences à concilier dans les projets nouveaux comme dans la gestion courante des lignes existantes. Toute approche qui négligerait une de ces exigences conduirait à un échec.

Il n'y a évidemment pas de recette miracle, mais une démarche, un état d'esprit constructif pour aborder ce type de problème. L'écoute réciproque en est le point de départ. Et pas seulement quand un problème survient, ou quand un projet nouveau prend corps, mais en permanence. Les gestionnaires des infrastructures et les « parties prenantes » porteuses à la fois des préoccupations quotidiennes des riverains et du souci de l'environnement global, doivent apprendre à se parler, à se comprendre.

Ce document commun témoigne de l'intérêt de cette collaboration. Il n'évitera pas des conflits ici et là, mais il offre un cadre général qui permettra d'établir un dialogue véritable, et non un « dialogue de sourds » comme on en voit si souvent.

Établir un dialogue permanent, sur le bruit comme sur d'autres sujets comme le paysage ou la biodiversité, c'est enrichir chacun de connaissances nouvelles, produire de la confiance réciproque, un langage commun, un corpus de valeurs partagées, et permettre à chaque « partie » de prendre du recul, de mieux comprendre le point de vue des autres, et d'insérer les problèmes qui se révèlent dans une perspective élargie.

C'est une forme d'apprentissage réciproque qui s'engage avec ce document. Une collaboration appelée à se développer et à se décliner tant à l'échelle nationale qu'à l'échelle locale, au plus près des préoccupations des riverains. Une facette importante dans le nouveau paysage ferroviaire qui se dessine.

INTRODUCTION

par France Nature Environnement et SNCF Réseau

Les infrastructures de transport et les services associés répondent à une demande collective de mobilité qui va croissant. Le rail est considéré par France Nature Environnement comme un mode de transport à privilégier pour respecter les équilibres environnementaux et sociaux, parfois fragiles **à l'échelle globale**. Il contribue à une mobilité durable, car il dispose en particulier **du bilan énergétique le plus favorable par rapport à d'autres modes de transport**, dès lors qu'il est utilisé en tant que transport de masse. Cette mobilité durable passe par une offre de transport multi- et intermodale en faveur de l'aménagement du territoire, adaptée selon les contextes géographiques et les besoins de chaque usager.

Le développement du ferroviaire repose sur l'entretien, la modernisation et l'extension du réseau ferré. Comme pour toute infrastructure de transports, ces opérations ont forcément **des impacts sur l'environnement, d'échelle locale cette fois-ci et sur la qualité de vie des riverains.** Ils peuvent générer des tensions locales, quelle que soit l'attention qu'on leur accorde. L'importance de ces impacts et tensions est dépendante des études et du dialogue conduits en amont de ces opérations.

C'est notamment le cas du bruit des transports. Le sujet est complexe, à la fois parce que les nuisances sonores sont multiformes – elles vont de la gêne objective causée à la population à la gêne subjective ressentie par les individus – et parce que la caractérisation et la modélisation du bruit sont compliquées (nombreux paramètres à prendre en compte), la réglementation parfois peu lisible et imbriquée et les acteurs multiples. C'est cette **double légitimité – globale et locale –** qui est abordée dans le présent guide.

Partageant ces enjeux liés au transport ferroviaire, et soucieux de favoriser le dialogue et le partage des compétences entre les parties prenantes, **France Nature Environnement et SNCF Réseau ont souhaité travailler ensemble pour améliorer conjointement leurs réflexions et la recherche de solutions dans le but de réduire le bruit ferroviaire.** Ce partenariat a ainsi permis d'organiser une journée d'information sur la gestion du bruit ferroviaire en 2016, qui a entre autres conclu à la nécessité d'élaborer **un document pédagogique commun** à destination des membres de France Nature Environnement et des collaborateurs de SNCF Réseau. Il a pour triple objectif de donner les meilleures bases partagées pour comprendre la notion de bruit ferroviaire, de présenter de quelle façon SNCF Réseau et France Nature Environnement travaillent conjointement pour lutter contre ce bruit et de permettre ainsi un dialogue constructif et durable.

POURQUOI LE MODE FERROVIAIRE EST-IL UN ATOUT MAJEUR POUR L'ENVIRONNEMENT ?

Le constat est largement partagé : la préservation de notre planète est une urgence absolue. Faute de s'adapter aux changements climatiques et d'anticiper ces bouleversements par une action publique volontariste, les conditions même de notre existence sont gravement menacées.

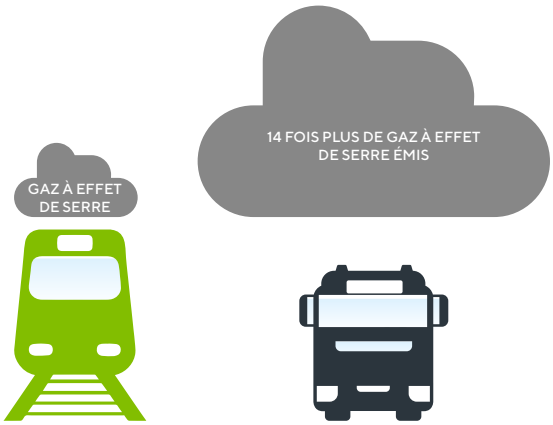
Pour ces raisons, l'accord de Paris, issu des travaux de la Conférence de Paris (COP 21), approuvé le 12 décembre 2015 et entré en vigueur le 4 novembre 2016, fixe comme objectif de contenir la hausse des températures à 2°C par rapport aux niveaux préindustriels. Très clairement, cet accord encourage les États à limiter leurs émissions de gaz à effet de serre conduisant à une augmentation des températures.

Moins d'émissions de gaz à effet de serre

En France, le secteur des transports est responsable de 30 % des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Agir pour le report modal, notamment de la route vers le rail, constitue donc un levier puissant pour lutter contre le réchauffement climatique, en faveur de la transition énergétique.

Pour une tonne de marchandises transportées, un train de fret émet 6,18 gCO_2/t.km contre 86,7 gCO_2/t.km pour un poids lourd.

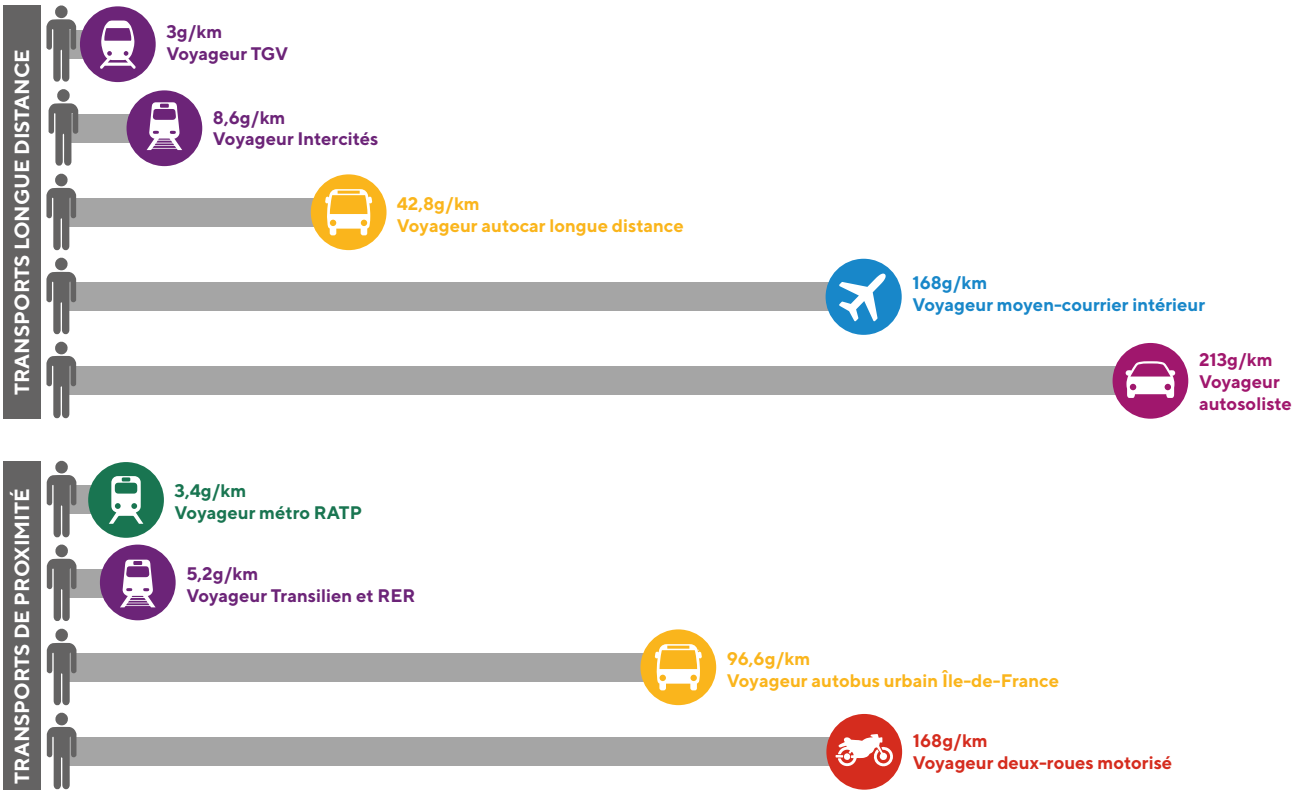


ÉMISSIONS COMPARÉES DE GES D'UN TRAIN DE FRET ET D'UN CAMION (pour une tonne transportée)
Source : CITEPA, SNCF et Base Carbone ADEME

L'efficacité environnementale en termes d'émissions de CO_2

Le rendement mécanique du rail, ainsi que le recours massif à l'énergie électrique (notamment si elle est d'origine renouvelable) limitent l'empreinte environnementale du chemin de fer.

Que ce soit pour des trajets longue distance ou pour des transports urbains ou interurbains, les émissions de CO_2 par kilomètre parcouru sont systématiquement beaucoup plus faibles pour le rail.



Émissions (en gCO_2) pour un voyageur parcourant 1 km

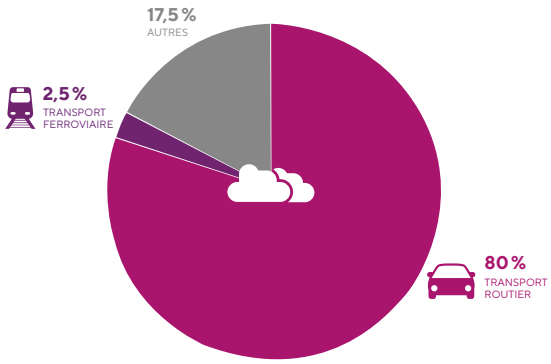
ÉMISSIONS DE CO_2 PAR PERSONNE : COMPARATIF SELON LE MODE DE TRANSPORT UTILISÉ

Source : Base Carbone ADEME, selon la méthodologie Information CO_2 des émissions de transport

Des émissions limitées de particules

En France, 48 000 décès prématurés sont à déplorer chaque année du fait de la pollution de l'air aux particules très fines PM 2,5 (particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns), soit 9 % de la mortalité annuelle totale (source Agence Santé Publique France). La pollution de l'air est la troisième cause de mortalité en France après le tabac et l'alcool, c'est également **la première préoccupation environnementale des Français.**

Environ 19 % des particules sont imputables au secteur des transports. Dans celui-ci, le mode routier représente plus de 80 % des émissions, quel que soit le type de particules, et **le transport ferroviaire 2,5 %**. Il est donc moins polluant que les autres types de transport.



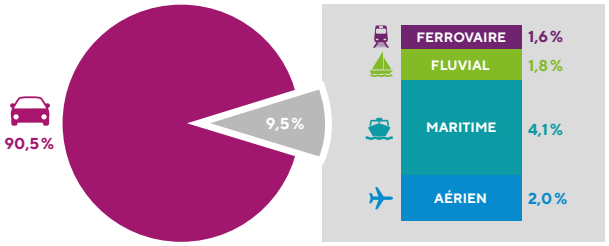
ÉMISSION DE PARTICULES
PAR LES MODES DE TRANSPORT EN FRANCE
Source : CITEPA / format SECTEN–avril 2017

Des émissions limitées d'oxydes d'azote (NOx)

La pollution de l'air est également la résultante des émissions de NOx, qui est un gaz irritant en pénétrant dans les ramifications les plus fines des voies respiratoires. Il peut provoquer des difficultés respiratoires ou une hyperréactivité bronchique chez les personnes sensibles.

Associés aux composés organiques volatils (COV), et sous l'effet du rayonnement solaire, les oxydes d'azote favorisent la formation d'ozone dans les basses couches de l'atmosphère (troposphère). En France, des dépassements des normes sanitaires relatives au NOx dans l'air ambiant persistent, mais sont moins nombreux que par le passé.

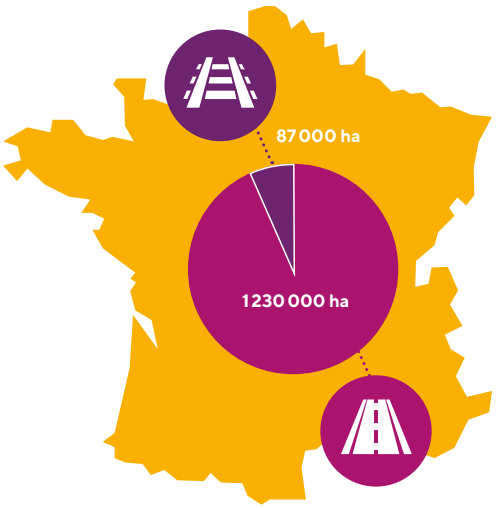
Ces oxydes d'azote sont majoritairement émis par le transport routier (90,5 % des émissions totales dues au transport). Le transport ferroviaire ne représente que 1,6 % de ces émissions.



ÉMISSION D'OXYDES D'AZOTE (NO_x) PAR MODES DE TRANSPORT EN FRANCE
Source : CITEPA/format SECTEN-Avril 2018

Une moindre consommation d'espace

D'un point de vue spatial et sur l'ensemble de la France, les surfaces dédiées aux chemins de fer représentent 87 000 ha contre 1 230 000 ha pour les routes et les autoroutes.



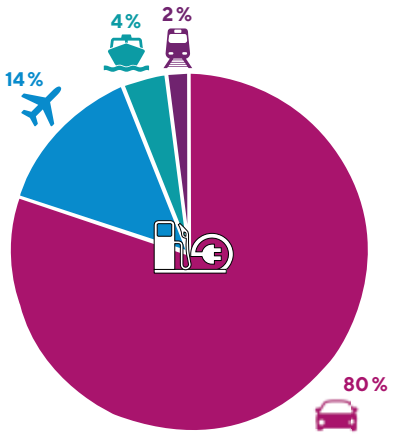
SURFACES DÉDIÉES À LA ROUTE ET AU RAIL
Source : SNCF Réseau

Grâce à sa capacité de transport et sa moindre consommation d'espace à volume transporté égal, **le train est un des aménagements les plus respectueux des paysages.** Cette moindre pression foncière du ferroviaire est plus favorable au fonctionnement des milieux naturels et à la préservation de la biodiversité, ainsi qu'aux activités agricoles. **Le train est par conséquent parfaitement adapté au transport de masse.**

Une moindre consommation d'énergie

D'un point de vue énergétique, le chemin de fer offre un rendement élevé. Le phénomène est mécanique : les roues en acier sur des rails en acier présentent une faible résistance au roulement et dissipent moins d'énergie que les autres modes de transport. Ainsi, le rail utilise l'énergie en moyenne trois fois plus efficacement que la route.

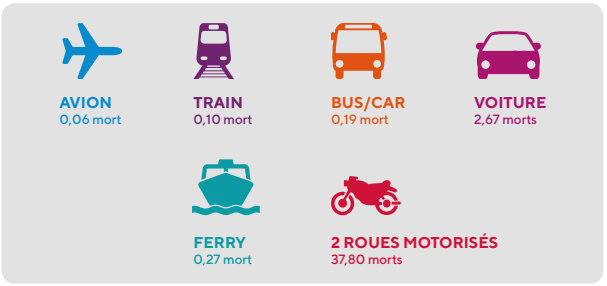
De plus, le chemin de fer ne représente que 2 % de la consommation énergétique finale française dans le secteur des transports, contre 14 % pour l'aérien, 80 % pour le transport routier et 4 % pour le transport maritime et fluvial.



CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE
DES MODES DE TRANSPORT EN FRANCE
Source : « Chiffres Clés du transport » du Ministère, édition 2017

Un mode de transport sécurisé

Le chemin de fer permet également des déplacements à vitesses élevées et optimise l'utilisation de la capacité sur l'infrastructure. En effet, le pilotage centralisé des circulations de trains limite les ralentissements, tout en garantissant la sécurité. Au contraire, les comportements des automobilistes ne sont pas coordonnés, ce qui génère embouteillages et accidents.



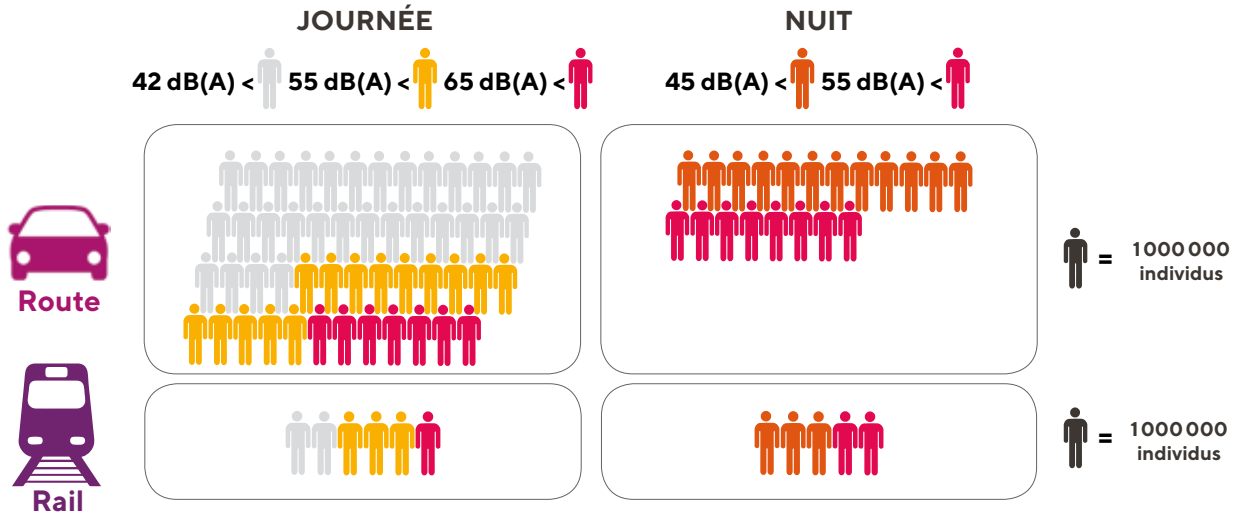
SÉCURITÉ DES MODES DE TRANSPORT EN EUROPE
Nombre de tués, pour un milliard de passagers-kilomètres
Source : European Railways Agency for Railways (Safety overview 2017-EU-27; 2011-2015)

Moins de personnes exposées au bruit ferroviaire qu'à celui des autres modes de transport

L'ADEME et le CNB (Conseil national du bruit) ont réalisé une cartographie des Français exposés au bruit, en particulier du bruit lié au secteur des transports (analyse bibliographique des travaux français et européens : « Le coût social des pollutions sonores », mai 2016).

Il en ressort que **la population exposée, à des niveaux divers, au bruit du trafic ferroviaire est d'une bien moindre ampleur que celle exposée au bruit routier** : 6 millions d'individus sont exposés au bruit du trafic ferroviaire contre près de 52 millions au bruit du trafic routier. Pour le fer comme pour la route, environ 14 % de ces individus sont exposés à des niveaux sonores considérés dans le rapport comme élevés.

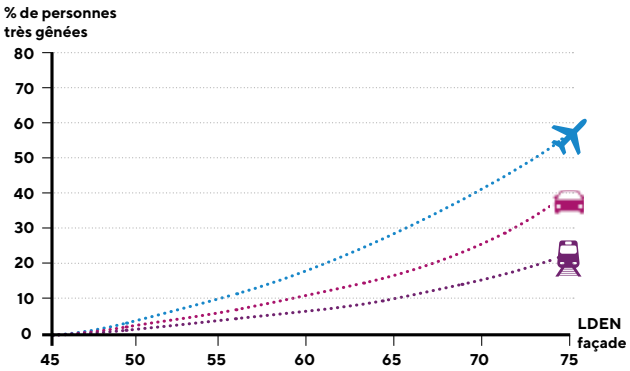
Le trafic aérien touche quant à lui plus de 4 millions d'individus sur le territoire français, dont 500 000 à des niveaux considérés comme critiques car étant supérieurs au seuil retenu pour la délimitation des plans de gêne sonore autour des grands aéroports.



EXPOSITION AU BRUIT DES TRANSPORTS EN FRANCE
Source : ADEME et CNB, 2016

Une moindre gêne sonore par rapport aux autres modes

De nombreuses études menées au niveau européen ont mis en évidence que la gêne provoquée par le bruit ferroviaire est moindre que celles causées par l'aérien ou la route à niveau d'exposition égal.
Ces différences entre modes s'expliquent non seulement par les facteurs acoustiques, mais aussi par des facteurs non-acoustiques qui peuvent être regroupés en 3 catégories : les facteurs de situation (bruit de fond, niveau d'isolation…), les facteurs personnels (âge, niveau de formation, usage du mode de transport concerné…) et les facteurs sociaux (style de vie, image du mode de transports, confiance ou méfiance des individus par rapport aux pouvoirs publics…).



GÊNE PROVOQUÉE
PAR LE BRUIT DES TRANSPORTS EN EUROPE
Source : Position Paper WG 2 – Commission Européenne, 20 février 2002

LDEN : (le LDEN est défini comme le niveau énergétique « moyen » sur la période de 24 heures, voir paragraphe « indicateurs utilisés »)

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Le mode ferroviaire présente des atouts environnementaux indéniables par rapport aux autres modes de transport. Il apparait comme le plus capacitaire, le plus respectueux des paysages, le moins « énergivore » et le moins polluant. En ce qui concerne le bruit lié aux transports, il est aussi celui qui occasionne le moins de gêne ressentie par la population.
- Les chapitres qui suivent développent ce qu'est le bruit, en particulier le bruit ferroviaire, et ce que fait SNCF Réseau pour limiter ces nuisances.

QU'EST CE QU'UN BRUIT ?

Les sons nous entourent en permanence dans notre vie quotidienne. Ils nous permettent de communiquer, d'écouter de la musique, mais aussi de nous prévenir d'un danger imminent. Ils peuvent être agréables ou désagréables : on parle alors de **bruit**.

Un **son**, c'est de l'air qui vibre. Ces vibrations sont captées par l'oreille, qui transmet le son au cerveau. Le mot « son » désigne à la fois la vibration physique et la sensation qu'elle procure.

L'oreille humaine est constituée de trois composantes complémentaires :

\ **l'oreille externe**, qui capte les vibrations sonores par son pavillon et les conduit au tympan,

\ **l'oreille moyenne** qui amplifie les vibrations par un ensemble de résonateurs mécaniques (les osselets),

\ et enfin **l'oreille interne** avec les 15 000 cellules ciliées du colimaçon, qui transforment les ondes sonores en signaux électriques. Ces signaux seront ensuite transmis au cerveau à la pleine vitesse d'un TGV.

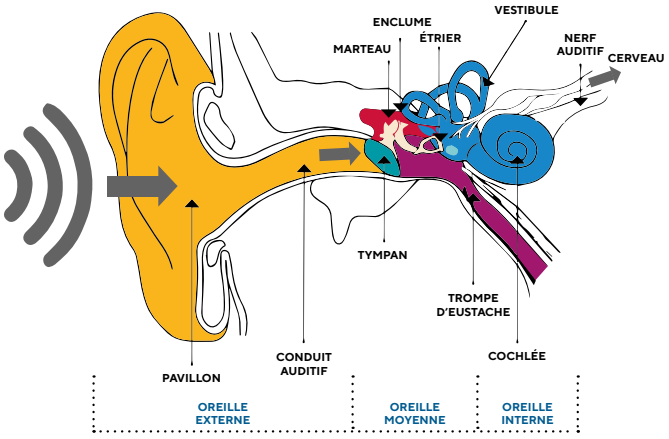


SCHÉMA DE L'OREILLE
Source : ADEME et CNB, 2016

Le phénomène physique qui provoque l'audition d'un son, c'est-à-dire la perception de ce son, est **la pression acoustique**, autrement dit, une faible variation de la pression atmosphérique s'exerçant sur le tympan par rapport à la pression ambiante du lieu. La pression se mesure en pascals (Pa). L'unité de mesure de l'intensité de cette variation de pression, c'est à dire de l'intensité du son, est **le décibel (dB)**.

Un décibel est défini comme dix fois le logarithme décimal du rapport de puissance entre la pression acoustique P exprimée en pascals et la valeur de référence qui correspond à un son pratiquement imperceptible (P_{ref} = 20 micropascals).

Niveau d'intensité sonore (Level) :
$L = 10 \log (P/P_{ref})$

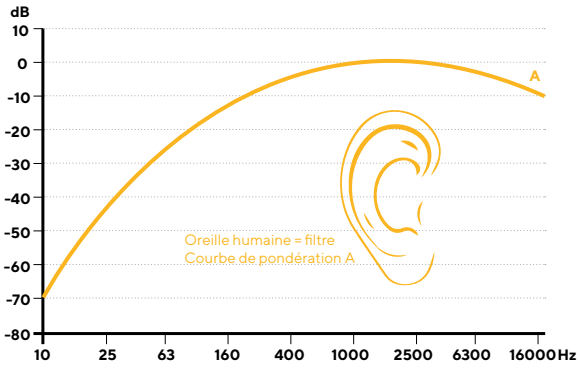
Intensité, fréquence et durée

Un son est caractérisé par 3 éléments :

\ **son intensité** (également appelée niveau sonore), exprimée en décibels (dB), indique si le son est faible, moyen ou fort. Elle correspond à la quantité d'énergie sonore.
\ **sa fréquence**, exprimée en hertz (Hz, nombre de vibrations par seconde), indique si un son est grave ou aigu. L'oreille humaine perçoit les sons entre 20 Hz et 20 000 Hz.
\ **sa durée** correspondant au temps en secondes (s), minutes (m) ou heures (h).

Si le cerveau est capable de se protéger des bruits qu'il juge inutiles, il n'en est pas de même pour notre oreille dont le système perçoit tout.

Pour mesurer l'intensité du bruit, il faut utiliser un sonomètre, appareil qui mesure les sons. Afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine, moins sensible aux basses fréquences, on retient pour les bruits environnementaux une valeur pondérée par fréquence : le décibel « pondéré A » (dB (A)). Cette pondération correspond au filtre de l'oreille humaine.



COURBE DE PONDÉRATION A

L'oreille est adaptée à la parole humaine (entre 1 000 et 5 000 Hz). Les basses fréquences (en dessous de 1 000 Hz) sont beaucoup moins bien perçues.

Une échelle pour mesurer le bruit

L'échelle utilisée pour mesurer le bruit varie de 0 dB (A), qui correspond au silence complet (en réalité inatteignable : le son se propageant dans l'air, il faudrait être dans une pièce sous vide ou aller dans l'espace pour obtenir un niveau de bruit de 0 dB (A)), jusqu'à 200 dB (A) ce qui correspond approximativement à une fusée au décollage.

Les effets du bruit sur la santé

L'audition est le seul sens humain actif 24 h sur 24 h. Ceci se comprend aisément, car elle joue à la fois un rôle dans la spatialisation individuelle (savoir se repérer dans l'espace) et une fonction d'alarme en cas de danger. Par exemple, un individu peut se réveiller au moindre bruit dans les deux premières phases de son sommeil, celles de l'endormissement et du sommeil léger[1].

[1] Un cycle de sommeil dure environ 90 minutes. Chaque nuit de sommeil comprend en moyenne 4 à 6 cycles, en fonction de la durée de ces derniers.

L'ÉCHELLE DE BRUIT

BRUIT « INSTANTANÉ »		dB(A)	BRUIT SUR UN TEMPS LONG	
	Coup de feu	140	Pont d'envol d'un porte-avion	
	Vuvuzela	130	Course de Formule1	
	Ambulance, marteau piqueur	120	Atelier de chaudronnerie	
	Tronçonneuse	110	Concert proche des enceintes	
	Décollage d'avion à 150 m	100	Discothèque	
	Mixeur	90	Orchestre symphonique	
	Aboiement	80	Cour d'école	
	Sonnerie téléphone, aspirateur	70	Brasserie	
	Imprimante	60	Conversation	
	Machine à laver	50	Intérieur d'un salon	
	Moustique vers l'oreille	40	Place tranquille	
	Tic-Tac d'une montre	30	Chambre à coucher	
	Murmures	20	Studio d'enregistrement	
	Chutes de feuilles	10	Laboratoire acoustique	

PASSAGE DE TRAIN		dB(A)	CONVERSATION	
	95 dB(A) : Intercités à 200 km/h à 25 m	110	Conversation impossible	
	92 dB(A) : TGV à 300 km/h à 25 m	90	Obligation de crier	
	88 dB(A) : Train de fret à 100 km/h à 25 m	80	Conversation difficile	
	80 dB(A) : TER à 140 km/h à 25 m	70	Obligation de forcer la voix	

On peut distinguer deux grands types d'effets du bruit :

\ **les effets directs**, où l'intensité élevée et la durée du bruit fatigue et lèsent l'oreille interne ;
\ **les effets indirects** affectant les capacités cognitives de l'individu, son stress, son sommeil et les pathologies cardio-vasculaires.

L'excès de bruit a des effets sur l'audition qui se traduisent par une fatigue auditive temporaire, voire des pertes auditives partielles ou totales irréversibles. En effet, l'oreille interne est très fragile et sensible à la fatigue : les cellules ciliées meurent sous l'effet d'excès d'ondes sonores de haute intensité et de longue durée. Elles ne sont pas remplacées, ce qui conduit progressivement à la surdité. Ainsi, une écoute quotidienne de musique avec des écouteurs intra-auriculaires, avec des temps d'expositions importants, sans pause et à des niveaux souvent trop élevés, peut provoquer des troubles auditifs durables.

Si la sensation de douleur se manifeste vers 120 dB (A), la fatigue auditive survient bien en dessous de ce seuil. Notre oreille commence à souffrir sans que nous le sachions à partir d'une longue exposition à 85 dB (A) (niveau retenu pendant 8h pour la réglementation du droit du travail).

Au-delà des effets sur l'audition, le bruit peut affecter l'ensemble de l'organisme. L'exposition au bruit peut également perturber les communications, les activités (écoute de la télévision, téléphone…) mais aussi affecter les apprentissages et les performances. Le bruit peut être facteur de stress, source de gêne et altérer la structure et la qualité du sommeil. Il peut enfin être à l'origine de troubles cardiovasculaires, en particulier l'hypertension. Ce type de troubles dépend évidemment des niveaux sonores, de la durée d'exposition mais aussi du caractère prévisible ou non du bruit et d'autres facteurs de stress.

Les risques liés à une exposition au bruit varient en fonction du niveau sonore et du temps d'exposition :

\ **jusqu'à 80 dB**, il n'y a **aucun risque** pour l'oreille, quelle que soit la durée d'exposition ;
\ **de 80 à 90 dB**, on approche de la **zone de nocivité**, mais les risques sont limités à des expositions de très longue durée. Le cadre réglementaire de la prévention des risques liés à l'exposition au bruit prévoit le port de protections individuelles contre le bruit à partir d'une exposition à 80 dB (A) pendant 8 heures ;
\ **de 90 à 120 dB**, notre oreille est **en danger** : plus le son est fort moins il faut de temps d'exposition pour provoquer des lésions ;
\ **au-delà de 120 dB**, des bruits impulsifs (très brefs) provoquent immédiatement des **dommages irréversibles**.

La durée limite d'exposition (sans protection) avant dommages est de :

\ 2 h/jour à 85 dB (A) ;
\ 30 min/jour à 90 dB (A) ;
\ 15 min/jour à 95 dB (A) ;
\ 5 min/jour à 100 dB (A).

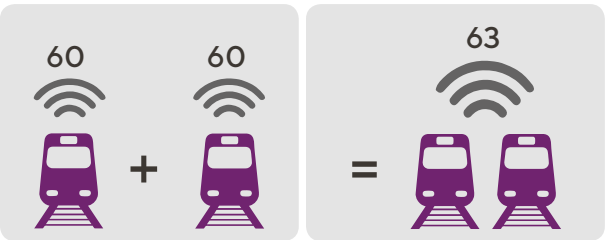
Une arithmétique particulière

Comme l'indique sa formule de définition, le décibel est une unité logarithmique.

Les logarithmes obéissant à des règles de calculs différentes des opérations classiques, on ne peut pas additionner les décibels comme on fait une addition habituelle.

Pour connaître le niveau global de bruit émis par plusieurs sources en même temps, les trois règles suivantes s'appliquent.

Addition de deux niveaux de bruit équivalents :

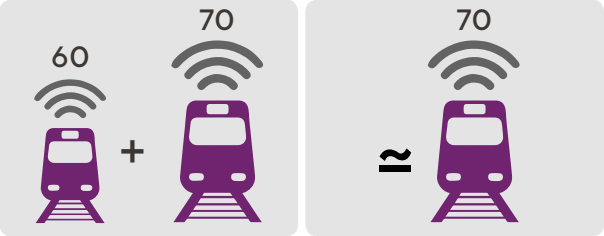


60 dB (A) + 60 dB (A) = 63 dB (A) (et non 120 dB (A) !)

Ceci revient à dire que lorsque le trafic ferroviaire double (toutes choses égales par ailleurs, c'est-à-dire avec le même matériel circulant à la même

vitesse, etc.), le niveau sonore n'augmente que de 3 dB (A). Cette augmentation est à peine perceptible par l'oreille humaine.

Addition de deux niveaux de bruit très sensiblement différents (au moins 10 dB (A) d'écart) :



60 dB (A) + 70 dB (A) = 70 dB (A) (et non 130 dB (A) !)

En résumé, le bruit le plus fort masque le bruit le plus faible.

Addition de dix niveaux de bruit équivalents (10 sources de bruit de même intensité)

Un doublement de la sensation auditive (« deux fois plus de bruit ») est produit par une augmentation du niveau sonore de 10 dB (A) qui correspond à multiplier la source par 10.

Les méthodes d'évaluation du bruit

Pour évaluer le bruit dans l'environnement, on élabore des modèles de calculs, c'est-à-dire des représentations numériques en 3 dimensions d'un territoire traversé par des voies ferrées. Ces modèles sont validés par des mesures de bruit.

Photos : SONOMÈTRE ET STATION AUTOMATIQUE AUX ABORDS DES LIGNES

Réalisées sur le terrain à l'aide de sonomètres ou de stations automatiques, les mesures permettent d'analyser finement les variations du bruit au cours du temps, seconde après seconde et de faire la distinction entre les niveaux de bruit de fond, les passages de trains et les autres événements ponctuels. Les résultats des mesures permettent ainsi de déterminer la contribution de chaque source de bruit en présence.

La modélisation est une méthode utilisée pour calculer les niveaux générés par une source de bruit de manière plus large sur un territoire. La modélisation repose sur l'utilisation d'outils de calcul informatique permettant de décrire et de prendre en compte les principaux paramètres qui interviennent dans l'émission et la propagation du bruit dans l'environnement (données de trafic, topographie, implantation du bâti, nature du sol, présence ou non de protections acoustiques…). Des cartes sont élaborées pour différentes sources de bruit données (trafic routier, trafic ferroviaire).

Il est important que la modélisation soit accompagnée de réalisation de mesures *in situ* afin de vérifier la validité et la pertinence du modèle construit. Une fois le modèle validé (bonne corrélation entre les niveaux sonores calculés et ceux mesurés), des calculs sont réalisés afin de déterminer en tout point du site les niveaux sonores en façade

Illustrations : exemple de modélisation du bruit ferroviaire en façade. Les pastilles de couleur représentent les niveaux sonores en différents points de la façade

en situation existante et future. Ces modèles permettent également de dimensionner des protections si nécessaire.

Le nombre de points dépend de la longueur des voies modélisées, de la densité et du type de bâti (pavillons, grands collectifs…) le long de ces voies ainsi que de la topographie du site. Il est inutile de multiplier les points de mesure proches les uns des autres qui n'apporteront pas plus de précision au modèle. ■

CE QU'IL FAUT RETENIR

- L'unité de mesure du bruit est difficile à appréhender. Un niveau en décibels n'aura pas le même impact selon qu'il est sur un temps court ou un temps long. L'addition de niveaux sonores suit des règles particulières éloignées de l'arithmétique habituelle.
« Doubler le trafic ferroviaire » est loin de « doubler le niveau sonore associé »

- SNCF Réseau fait réaliser par des bureaux indépendants des mesures et des modélisations prenant en compte les principaux paramètres qui interviennent dans l'émission et la propagation du bruit dans l'environnement : données de trafic, topographie, implantation du bâti, nature du sol, présence ou non de protections acoustiques...
afin de connaitre les niveaux sonores le long des voies et de dimensionner les protections nécessaires le cas échéant.

QUELLES SONT LES SPÉCIFICITÉS DU BRUIT FERROVIAIRE ?

Le bruit ferroviaire fluctue au cours du temps. Il est intimement lié aux trafics et se distingue du bruit routier par :

\ **Sa nature intermittente** : entre deux trains, il existe une période de silence ferroviaire,

\ **Un niveau de bruit** qui se distingue selon le type de train, sa vitesse et la distance à l'observateur, sur une durée assez courte, au regard du bruit ambiant à chaque passage,

\ **Chaque type de train possède une « signature acoustique » propre**, liée à sa nature, sa longueur, son type de freinage, son type d'alimentation (diesel ou électrique),

\ **Un nombre de circulations beaucoup plus faible que celui de la route** : le trafic ferroviaire se compte en dizaines ou centaines de trains sur certains secteurs très circulés alors que le trafic routier se compte en milliers ou dizaine de milliers de véhicules,

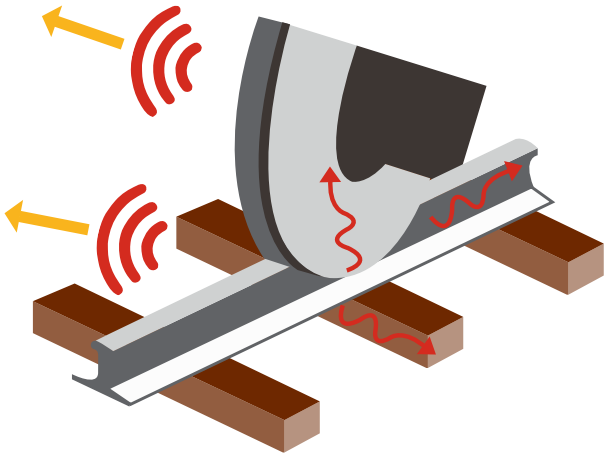
\ **Un trafic périodique dont les « occurrences » de passage sont relativement bien connues** (« j'ai été gêné par le train de 22h15 »).

Le bruit ferroviaire se compose de plusieurs éléments dont l'importance varie selon la vitesse du train.

Le bruit de roulement (contact roue/rail)

Il est prédominant entre 60 km/h et 320 km/h.

Il est lié aux défauts de quelques microns (rugosité) sur les surfaces de la roue et du rail qui génèrent des vibrations lors du contact : la roue vibre, des ondes vibratoires sont engendrées dans le rail qui vibre à son tour et transmet, par l'intermédiaire des semelles reliant la traverse au rail, la vibration qui fait résonner les traverses.



VIBRATIONS AU CONTACT RAIL / ROUE

Le bruit de roulement dépend :

\ **de la rugosité de la roue** qui varie selon le système de freinage (roue freinée par des semelles en fonte ou en matériaux composites ou utilisation de frein à disque) et de son usure

\ **de la rugosité du rail**, fonction de son usure, des meulages…

\ **du taux de décroissance de l'énergie dans le rail** (ou la manière dont les vibrations sont dissipées dans le rail) fonction de l'armement de la voie, c'est-à-dire du type de rail, de traverses (béton/bois), de fixation…

Ponctuellement, au freinage ou dans les courbes, des bruits de crissement peuvent s'ajouter.

Les autres sources du bruit

D'autres sources de bruit ferroviaire existent :

\ **le bruit lié à l'effort de traction** : prépondérant à moins de 60 km/h. Il provient des moteurs et des ventilateurs ;

\ **le bruit des équipements** : prépondérant à l'arrêt, lié aux moteurs, ventilateurs ou climatisation ainsi qu'à l'ouverture et la fermeture des portes ;

\ **le bruit aérodynamique** : il est lié à la pénétration dans l'air. Il contribue au bruit global à partir de 250 km/h, mais sa contribution reste inférieure à celle du bruit de roulement. Il ne devient prépondérant qu'au-delà de 320 km/h, c'est-à-dire au-delà des vitesses commerciales pratiquées à l'heure actuelle.

L'émission sonore d'une voie ferrée résulte donc d'une interaction entre le matériel roulant, géré par les entreprises ferroviaires, et l'infrastructure, gérée par SNCF Réseau.

De la source au récepteur

Le niveau sonore perçu par les riverains varie selon le niveau de bruit à la source et les conditions de propagation du son.

Le bruit s'atténue en fonction de la distance à la voie, des obstacles naturels ou artificiels. Sa propagation dépend des conditions météorologiques (vent, turbulences, étagement de températures) et du type de sol qui peut être réfléchissant (béton, sol minéral…) ou absorbant (prairie, terre cultivée…). ■

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'émission sonore d'une voie ferrée résulte de l'interaction entre le matériel roulant géré par les entreprises ferroviaires et l'infrastructure gérée par SNCF Réseau. Sur une même voie, les trains qui se succèdent ne se « ressemblent pas » forcément d'un point de vue acoustique.

LA GÊNE FACE AU BRUIT : UNE AFFAIRE DE PERCEPTION ?

La gêne sonore ressentie ne dépend pas seulement des phénomènes physiques. **La perception d'un bruit est nettement différente selon qu'il est choisi ou subi.** On supportera plus facilement un niveau de bruit élevé dans un restaurant ou une discothèque pendant deux heures de temps que le même niveau sonore lié au passage d'un train ou d'un deux-roues pendant un temps de passage très court.

Il existe une « **perception subjective du bruit** ».

En aménagement urbain par exemple, une fontaine est parfois insérée sur une place relativement bruyante pour « apaiser » l'environnement sonore. L'installation de la fontaine va générer un bruit supplémentaire mais le son produit, généralement jugé plus agréable, va masquer une partie du bruit (désagréable) lié à la fréquentation de la place. On aura donc la sensation d'être dans un espace moins bruyant alors que le niveau sonore réel sera plus élevé.

De même, la végétation est souvent perçue comme ayant un effet protecteur contre le bruit. Elle n'a en réalité qu'une influence très limitée : **un simple rideau d'arbres n'a pas d'impact sur le niveau physique mesuré**. Il faut une bande boisée dense d'au moins 100 m de largeur pour obtenir un effet mesurable compris entre -2 et -5 dB (A) selon les cas. La végétation peut néanmoins avoir un effet psychologique sur la perception du son : on porte inconsciemment moins attention à une source de bruit que l'on ne voit pas.

Dès lors, quelle est la bonne approche pour évaluer la gêne sonore provoquée par une activité et pour lutter efficacement contre cette gêne ?

De nombreuses études[1] épidémiologiques ont mis en évidence que la gêne est davantage liée à la dose de bruit cumulée reçue qu'au niveau instantané pendant le passage d'un véhicule.

1 Les travaux de Miedema et al. établissent une corrélation entre LAeq et gêne exprimée (Miedema et Oudshoorn 2001 ; Miedema et Vos 1998)

Lire également : Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. (WG 2 – Commission Européenne, 20 février 2002)

On distingue deux types de gêne :

\ **la gêne instantanée**, liée à la perception d'un évènement sonore de courte durée qui perturbe l'activité d'une personne (passage d'un train par exemple) ;

\ **la gêne de long terme**, liée à la perception du bruit sur une longue période (plusieurs mois). Elle représente la réaction psychologique globale et durable liée à la perception du bruit auquel est soumise une personne sur cette période. Elle constitue un bon indicateur des effets chroniques du bruit perçu.

Cette distinction est importante. Nombre d'incompréhensions, voire de conflits entre les riverains d'infrastructures ferroviaires et les gestionnaires de ces infrastructures, **proviennent de la confusion entre ces deux notions.**

Les riverains évoquent l'intensité du bruit au passage des trains et donc des niveaux de bruit maximum, ou des émergences, et se sentent « floués » par l'utilisation des niveaux « moyennés ».

La réglementation, à laquelle les gestionnaires d'infrastructures doivent se conformer, retient les niveaux « moyennés » (indicateurs LAeq, définis ci-après) qui tiennent compte de l'intensité du bruit au passage des trains et du nombre de trains, car le nombre d'évènements est aussi important que l'intensité au passage. Le LAeq est ainsi un indicateur des effets chroniques du bruit perçu.

Compte-tenu de ces deux types de gêne, il est donc capital lorsqu'on parle d'un niveau de bruit ferroviaire de différencier deux notions :

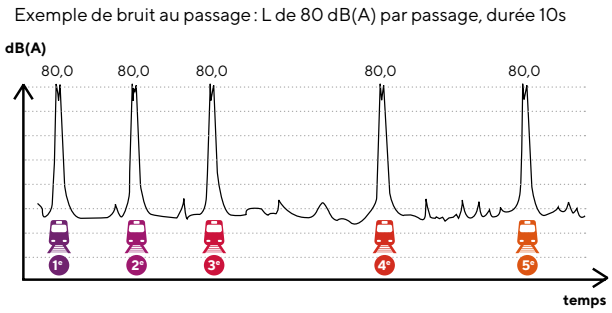
\ **le bruit « instantané » au passage,**

\ **la dose de bruit sur une période** (cumul d'énergie sonore) également appelée « bruit moyen ».

Les paragraphes qui suivent sur le « bruit instantané », la « dose de bruit » et la « prédictibilité des résultats » rentrent dans des explications plus techniques, nécessaires pour la bonne compréhension du phénomène.

Le bruit instantané

La gêne sonore instantanée est caractérisée par des **indicateurs acoustiques événementiels**.
Ces indicateurs s'intéressent aux pics de bruit.



BRUIT INSTANTANÉ : LES PICS « ÉVÉNEMENTIELS »

Différents indicateurs du bruit événementiel existent, comme :

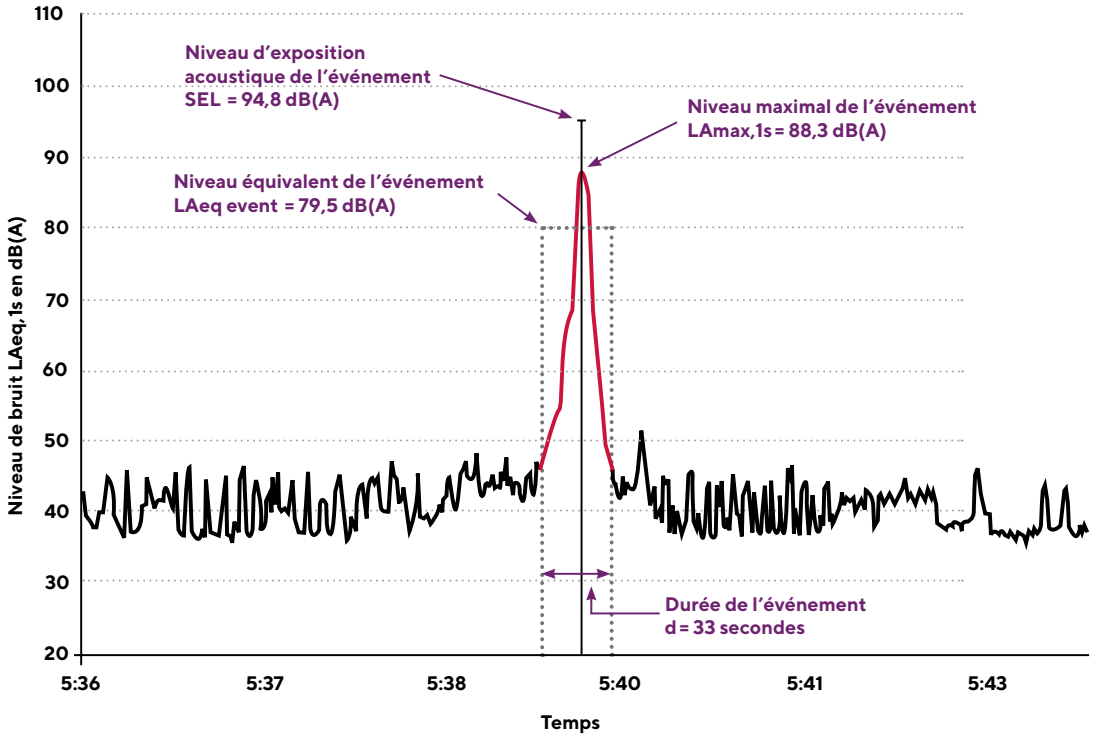
\ **le LAmax** (noté également LAeq,1s, max et qui correspond à la seconde la plus bruyante de l'évènement = niveau haut du « pic de bruit »),

\ **le SEL** (de l'anglais Sound Exposure Level ou Single Event Level) qui correspond à l'énergie sonore (dose de bruit) liée à l'évènement.

Ils permettent de caractériser le bruit de chaque passage.

On peut également retenir le LAeq, event = niveau du « pic de bruit », indicateur intégré s'intéressant à la dose d'énergie acoustique émise pendant un évènement de courte durée (temps de passage par exemple, on notera alors LAeq, tp).

Le graphique en page suivante illustre ces différents types d'indicateurs. ■



INDICES ACOUSTIQUES
Source : Bruitparif

L'indicateur NNE (Number of Noise Events) est parfois utilisé. Il correspond au décompte du nombre de fois où l'évènement se répète (nombre d'occurrences de l'événement).

La dose de bruit

La gêne de long terme est affectée à la fois par le niveau sonore de chaque passage (Laeq et LAmax) et par le nombre d'événements. C'est pourquoi, depuis longtemps déjà, le LAeq (indicateur énergétique équivalent pondéré A) est l'indicateur acoustique le plus utilisé au plan réglementaire et opérationnel dans le domaine du bruit ferroviaire. Et cela dans le monde entier.

Au moment où un train passe, il va émettre une quantité d'énergie sonore. Ensuite, en attendant le passage suivant, l'observateur se trouve dans une période de « silence ferroviaire ». Il n'est exposé qu'au bruit de fond du secteur dans lequel il se trouve.

Pour obtenir la « dose de bruit reçue », on additionne l'énergie de chaque passage de train pour obtenir le niveau d'énergie total. Ce niveau est ramené sur une période de temps (T) donnée. On obtient ainsi le niveau sonore équivalent sur la période noté LAeqT (contraction de Level = niveau en anglais, pondéré A équivalent) ou par simplification LAeq.

Les deux critères « nombre de trains par période (fréquence) » et « intensité de chaque passage » sont bien pris en compte par le LAeq. **Cet indicateur prend aussi bien en compte un bruit long d'un niveau moyen continu que des bruits intenses et courts.**

On parle couramment de **« niveau de bruit moyen »** mais il **s'agit bien du cumul d'énergie sonore sur la période**. Ainsi le niveau LAeq augmente rapidement avec l'accroissement du nombre de trains.

\ *Exemple 1* : une augmentation de trafic de 10 % se traduit par une augmentation du niveau d'exposition au bruit de +0,4 dB (A).
\ *Exemple 2* : une augmentation de trafic de 50 % se traduit par une augmentation du niveau d'exposition au bruit de +1,8 dB (A).

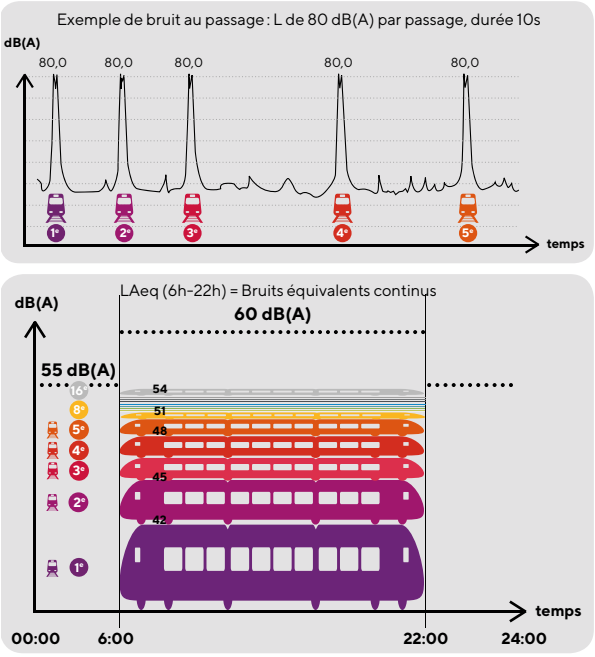
Comment se calcule le LAeq ?

Prenons l'exemple de plusieurs circulations de trains « identiques » générant un niveau de bruit au passage de 80 dB (A) pendant 10 secondes par passage, sur une période allant de 6h à 22h.

L'énergie acoustique d'un passage de train de 80 dB (A) émise pendant 10 secondes est équivalente à celle d'un bruit de 42 dB (A) émis en continu de 6h à 22h. Cela revient à dire que le niveau LAeq (6h – 22h) du passage d'un seul train sur la période serait de 42 dB (A).

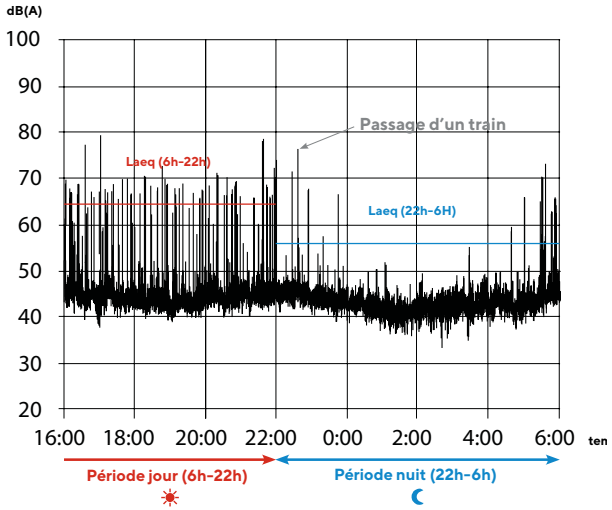
Pour plusieurs passages, le niveau global LAeq va augmenter rapidement en fonction du nombre de passages. Lorsqu'on double le trafic, le niveau sonore augmente de 3 dB (A). Ainsi, le passage d'un deuxième train rajoutera 42 dB (A) au bruit généré par le passage du premier train. 42 + 42 = 45 dB (A) : le niveau cumulé des deux trains sera de 45 dB (A). Un nouveau doublement du trafic (passage de 2 à 4 trains) augmentera encore le niveau de bruit ferroviaire de 3 dB (A) et ainsi de suite…

Pour 16 trains, on aura un niveau LAeq (6h – 22h) de 54 dB (A). Pour 128 passages, on aura un niveau LAeq (6h – 22h) de 63 dB (A).



DU BRUIT DE PASSAGE AU BRUIT « moyen » OU dose de bruit (LAeq). *Source : SNCF Réseau*

L'écart entre le niveau LAeq de tous les passages et le niveau de bruit au passage de chaque train va dépendre du nombre de circulations et du niveau sonore de chacun de ces passages. On a couramment un écart de 10 dB (A) à 20 dB (A) entre les deux.



BRUIT MOYEN DE JOUR ET DE NUIT
Source : SNCF Réseau

L'écart entre le niveau LAeq et le niveau de bruit au passage du train est d'autant plus fort que le trafic est faible. Il diminue avec l'augmentation du nombre de trains et devient moins important avec un trafic plus dense.

La prédictibilité des résultats

L'approche évènementielle parait simple au premier abord, elle est en réalité très complexe.

La diversité et la variabilité des événements sonores ferroviaires sont deux paramètres importants à prendre en compte. Il existe plus de 70 types de matériel roulant dont le bruit à l'émission est différent, et qui sont combinables (ou non), pour constituer des convois. Les vitesses sont variables d'un train à l'autre. On imagine alors aisément la diversité des bruits maximaux qui peuvent être produits au passage d'un train.

La diversité des indicateurs évènementiels rend difficile le choix d'un indicateur pertinent : LAmax absolu ? LAmax moyen de chaque catégorie de train ? LAeq sur le temps de passage ? …

Par ailleurs, si on peut aisément caractériser les différents indicateurs évènementiels par la mesure, l'exploitation de données de mesures in situ montre que le LAmax d'un train à l'autre, de même type, au même endroit, à la même vitesse, peut varier jusqu'à 15 dB (A) d'un passage à l'autre en raison des particularités propres à chaque matériel roulant, alors que le niveau LAeq correspondant au cumul de ces passages est quasi stable. Il n'est donc pas possible de prévoir à l'avance la forte variabilité des valeurs des LAmax. **C'est pourquoi l'approche évènementielle est peu adaptée à la modélisation acoustique du trafic ferroviaire.**

De plus, la corrélation de ces indicateurs avec la gêne de long terme n'a pas été démontrée et aucune valeur seuil à respecter n'est définie pour ce type d'indicateur.

L'approche énergétique (LAeq), qui consiste à identifier l'énergie sonore d'un trafic sur une infrastructure pendant une période donnée, présente l'avantage d'être prédictible à l'aide des outils de simulation.

Les indicateurs utilisés

Le LAeq résultant étant une somme énergétique sur une période donnée relativement longue, il intègre la diversité et le nombre des circulations. Les mesures réalisées in situ a posteriori sur la même période de temps sont généralement très proches des données simulées (moins de 2 dB (A) d'écart entre mesures et calculs). Pour réaliser les calculs du bruit généré par les circulations ferroviaires, les acousticiens partent de valeurs moyennes représentatives d'émission de bruit pour chaque type de circulation, issues de données statistiques qui intègrent les extrêmes à la fois supérieurs et inférieurs.

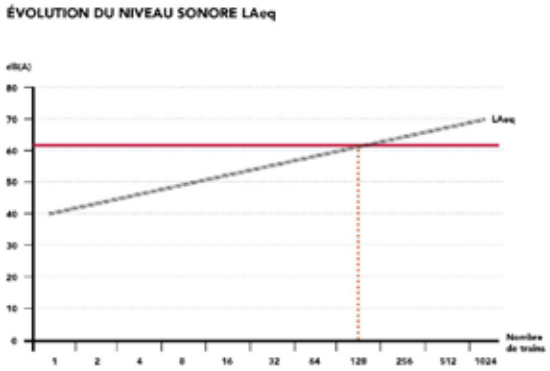
Les indicateurs LAeq sont reconnus pour bien représenter la gêne de long terme, au point qu'ils sont utilisés mondialement. Si certains pays utilisent le LAmax (Danemark, Norvège, Suède, Japon par exemple) cet indicateur n'est utilisé en complément du LAeq, qu'à titre informatif et il ne leur est pas imposé d'obligation de résultats.

Dans sa Directive sur le bruit, la Commission Européenne a retenu, pour les bruits de l'ensemble des moyens de transport, deux indicateurs : LDEN (Leq Day-Evening-Night) pour la période de 24 heures et, le Ln (Lnight), pour la période nocturne. Ces indicateurs sont également des indicateurs énergétiques comme le LAeq : le LDEN est défini comme le niveau énergétique « moyen » sur la période de 24 heures, divisée en 3 sous-périodes pour lesquelles sont appliquées des majorations de 5 dB (A) pour la soirée (18h – 22h) et de 10 dB (A) pour la nuit (22h – 6h).

Une réglementation basée uniquement sur un indicateur évènementiel ne serait pas forcément plus protectrice pour le riverain que la réglementation actuelle. Tout dépend des seuils retenus.

Si l'on prend l'exemple théorique présenté ci-avant (passages de trains émettant 80 dB (A) pendant 10 secondes), en cumulant le nombre de passages sur la période diurne, l'évolution du niveau sonore LAeq est représentée ci-dessous par la courbe grise. Dans cette hypothèse, le seuil LAeq ≤ 63 dB (A),

exemple de valeur seuil retenue par la réglementation, est dépassé au-delà du 128ème train sur la période. Des protections seraient à mettre en œuvre si le niveau de trafic sur la période était supérieur.



EVOLUTION THÉORIQUE DU NIVEAU D'EXPOSITION SONORE LAEQ (6h-22h) en fonction du nombre de trains (tous trains identiques, générant un niveau identique)

Si le seuil évènementiel « bruit maximum » était défini à 82 dB (A), aucune protection ne serait nécessaire, quel que soit le nombre de trains circulant sur la période, chaque train émettant 80 dB (A) lors de son passage. S'il était défini à 78 dB (A) des protections seraient nécessaire dès le premier train. *Cet exemple illustre la nécessité d'associer une occurrence de passage au choix d'un indicateur évènementiel.* Il faudrait alors définir un seuil définissant la nécessité de réaliser une protection en cas de *x* dépassements d'un niveau sonore *y* sur une période donnée.

Le graphique ci-avant est une illustration simplifiée théorique : **tous les passages de trains ne sont en réalité pas équivalents, le calcul n'est pas si linéaire.** Les types de matériel et les vitesses sont différents d'un train à l'autre sur une même portion de voie donnée.

Un point important à noter : une protection acoustique (écran ou merlon ; ces termes seront précisés plus loin dans la partie consacrée aux solutions) **aura la même efficacité sur le niveau de bruit au passage de chaque train et sur le niveau LAeq.** Sur un terrain plat, un écran apporte au rez-de-chaussée un gain de l'ordre de 10 dB (A) sur le niveau LAeq. Le niveau sonore de chaque passage de train sera également diminué de 10 dB (A). ■

CE QU'IL FAUT RETENIR

- La perception d'un évènement sonore de courte durée correspond à une gêne instantanée. De nombreuses études ont mis en évidence que les effets chroniques du bruit sont davantage liés à la dose de bruit à laquelle est soumise une personne sur une longue période, dont le niveau LAeq permet une bonne représentation, plutôt qu'au niveau instantané pendant le passage.
- C'est pourquoi le LAeq, « *bruit moyen* » ou « *dose de bruit* », est l'indicateur réglementaire dans le cas des projets de transports terrestres, dont le ferroviaire. Les deux périodes de temps considérées sont le jour (6h – 22h) et la nuit (22h – 6h).
- L'argument qui peut être opposé aux maîtres d'ouvrage « *vous ne respectez pas la réglementation puisqu'on mesure 80 dB (A) au passage d'un train* » n'est donc pas correct puisque l'engagement à limiter la contribution ferroviaire est pris sur la dose et non sur le bruit au passage.
- Les niveaux sonores sur une période (LAeq 6 – 22h ou LAeq 22 – 6h) et le niveau sonore au passage (LAeq, temps de passage) sont tous exprimés en dB (A), ce qui explique la confusion, mais ils ne sont absolument pas comparables.

QUELLE EST LA RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE BRUIT FERROVIAIRE ?

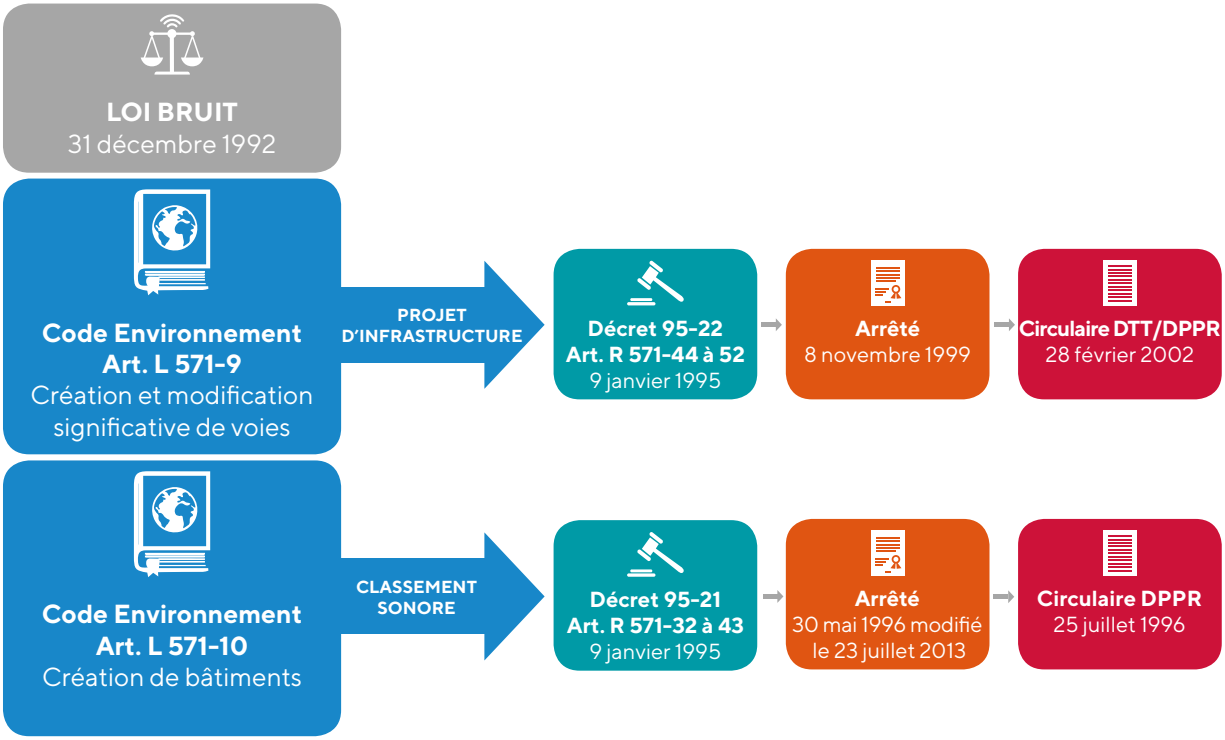
Comme indiqué précédemment, à niveau de bruit égal, moins de personnes se déclarent gênées par un bruit ferroviaire que par un bruit routier. De plus, les études épidémiologiques ont mis en évidence que la gêne est davantage liée à la dose de bruit cumulée perçue qu'au niveau instantané pendant le passage.

La réglementation française, centrée sur les effets de l'exposition continue au bruit, introduit cet aspect perceptif, par rapport au phénomène purement physique, par un « bonus ferroviaire » de 3 dB (A) : les seuils ferroviaires retenus sont plus faibles de 3 dB (A) que ceux retenus pour la limitation du bruit routier. On peut noter que ce bonus est le plus faible retenu au niveau européen et que, pour les lignes à grande vitesse, aucun bonus n'est pris en compte. Certains pays d'Europe du nord autorisent un niveau sonore ferroviaire supérieur à celui de la route de 5 dB (A) à 7 dB (A).

La lutte contre le bruit des transports terrestres est réglementée par la loi bruit du 31 décembre 1992 et codifiée dans l'article L 571-9 et 10 du Code de l'environnement et ses décrets d'application repris dans les articles R571-432 à R571-52.

Elle comporte deux grands volets, un volet préventif et un volet curatif.

Le volet préventif



DTT = Direction des Transports Terrestres
DPPR : Direction de la Prévention, de la Pollution et des Risques

Pour mémoire, les circulaires ne sont pas opposables en droit.

La réglementation relative aux projets de développement ferroviaires

En France, ce sont les périodes de jour (6h – 22h) et de nuit (22 h – 6 h) qui ont été adoptées comme références pour le calcul du niveau de bruit des infrastructures de transport terrestre, qui est exprimé en LAeq.

Les indicateurs réglementaires s'appellent :

\ **LAeq (6h – 22h) ou LAeq diurne :** niveau sonore équivalent pondéré A sur la période 6h-22h ;

\ **LAeq (22h – 6h) ou LAeq nocturne :** niveau sonore équivalent pondéré A sur la période 22h-6h.

Ils correspondent à l'énergie cumulée perçue sur les périodes correspondantes pour l'ensemble des bruits émis par le système ferroviaire et s'expriment en dB (A).

Sur ces périodes de référence, pour chaque indicateur, la réglementation impose de ne pas dépasser des seuils de gêne en façade des bâtiments sensibles (habitation, enseignement, soin santé, action sociale). **Ainsi, SNCF Réseau est tenu de limiter le bruit le long de ses projets de lignes nouvelles et de modernisation des lignes existantes.**
Dans ce dernier cas, la modification doit être significative au sens acoustique, c'est-à-dire que les travaux doivent conduire à une augmentation perceptible du niveau de bruit en façade de plus de 2 dB (A) entre la situation de référence (à l'horizon du projet sans travaux) et la situation à terme.

L'estimation des niveaux de bruit est basée sur des hypothèses de trafic à long terme (20 ans).

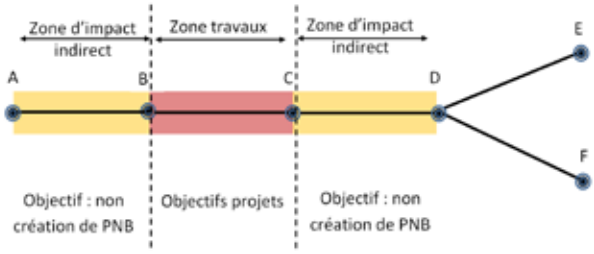
Les seuils
sont définis en fonction du type de projet, du type de circulation, de l'ambiance sonore préexistante et de l'usage des locaux. La diversité des situations conduit à des tableaux de valeurs détaillées dans la circulaire du 28 février 2002. Il faut en retenir que les valeurs à respecter sont —selon les cas— comprises entre :

Période diurne :
60 à 68 dB (A) en LAeq (6h – 22h),

Période nocturne :
55 à 63 dB (A) en LAeq (22h – 6h).

Le maître d'ouvrage a une obligation de résultats sur la durée de vie du projet réalisé. Ce volet préventif de la réglementation ne s'applique que si des travaux de modernisation ou de développement sur l'infrastructure sont réalisés (hors régénération et opérations d'entretien des voies).

La circulaire du 28 février 2002 précise également la façon de traiter les zones d'impact indirect, à savoir les sections hors périmètre des travaux et contigües à la zone de travaux qui peuvent être impactées par une augmentation de trafic liée aux travaux. **Sur ces sections, SNCF Réseau va au-delà de la réglementation et traite l'ensemble des points noirs bruit créés du fait du projet et préexistants** (voir la partie consacrée à ce sujet dans le « volet curatif »).



Le risque de nuisance est pris en compte le plus en amont possible du projet ; la dimension acoustique fait partie intégrante de la conception des projets. **Chaque projet soumis à la réglementation fait l'objet d'une étude acoustique spécifique réalisée par des prestataires indépendants compétents.**

Cette étude acoustique comprend généralement les volets suivants :

\ **la caractérisation initiale du site** basée sur des mesures de bruit in situ et la modélisation du site avant travaux ;
\ **la définition des seuils à respecter** et des objectifs de niveaux de bruit à atteindre ;
\ **la modélisation du projet** (géométrie, caractéristiques de l'infrastructure et de la voie, volume du trafic envisagé, caractéristiques du matériel roulant, vitesse de circulation, etc.) et des conditions de propagation du bruit (relief, conditions météorologiques) ;
\ **le calcul des niveaux sonores** en façade et à chaque étage des bâtiments sensibles à proximité du projet ;
\ **le dimensionnement et la modélisation des protections nécessaires** à la réduction du bruit pour respecter les seuils réglementaires.

Le classement des voies ferrées en fonction de leur niveau sonore

Au-delà de 50 trains par jour, les infrastructures ferroviaires sont classées en fonction de leurs caractéristiques acoustiques et de leur trafic.
Il s'agit d'un dispositif réglementaire préventif de classification du réseau, en fonction :

\ du niveau de bruit émis par l'infrastructure ;
\ d'une délimitation de secteurs affectés par le bruit à l'intérieur desquels les habitations doivent présenter une isolation acoustique renforcée.

Le classement sonore n'est pas une règle d'urbanisme mais une règle de construction visant à faire en sorte que les nouvelles constructions situées en secteurs affectés par le bruit soient suffisamment insonorisées pour éviter l'apparition de nouveaux points noirs du bruit. Le niveau d'isolement à respecter dépend de la catégorie de classement qui va de 1, la plus bruyante, à 5.

Les maires des communes concernées ont l'obligation de reporter les périmètres des secteurs affectés par le bruit, ainsi que les prescriptions d'isolement

acoustique arrêtées par le Préfet dans les annexes informatives de leur **document d'urbanisme**. Le propriétaire est responsable de la conformité du logement au classement sonore.

Le réseau ferré national compte environ 10 000 km de lignes classées.

Le bruit de chantier

Le Code de la santé publique ne fixe aucun objectif de valeurs limites de niveau sonore ou d'émergence (augmentation ponctuelle du niveau sonore par rapport au bruit de fond). Des mesures pour faire cesser le trouble (suspension de chantier notamment) et des sanctions pénales peuvent être appliquées en cas de non-respect des conditions d'utilisation des matériels ou équipements fixées par les autorités compétentes, d'insuffisance de précautions appropriées pour limiter le bruit et de comportement anormalement bruyant.

Des contraintes réglementaires locales (arrêtés municipaux ou préfectoraux) peuvent néanmoins exister. Les matériels utilisés doivent être conformes à la réglementation propre aux outils, engins et matériel de chantier.

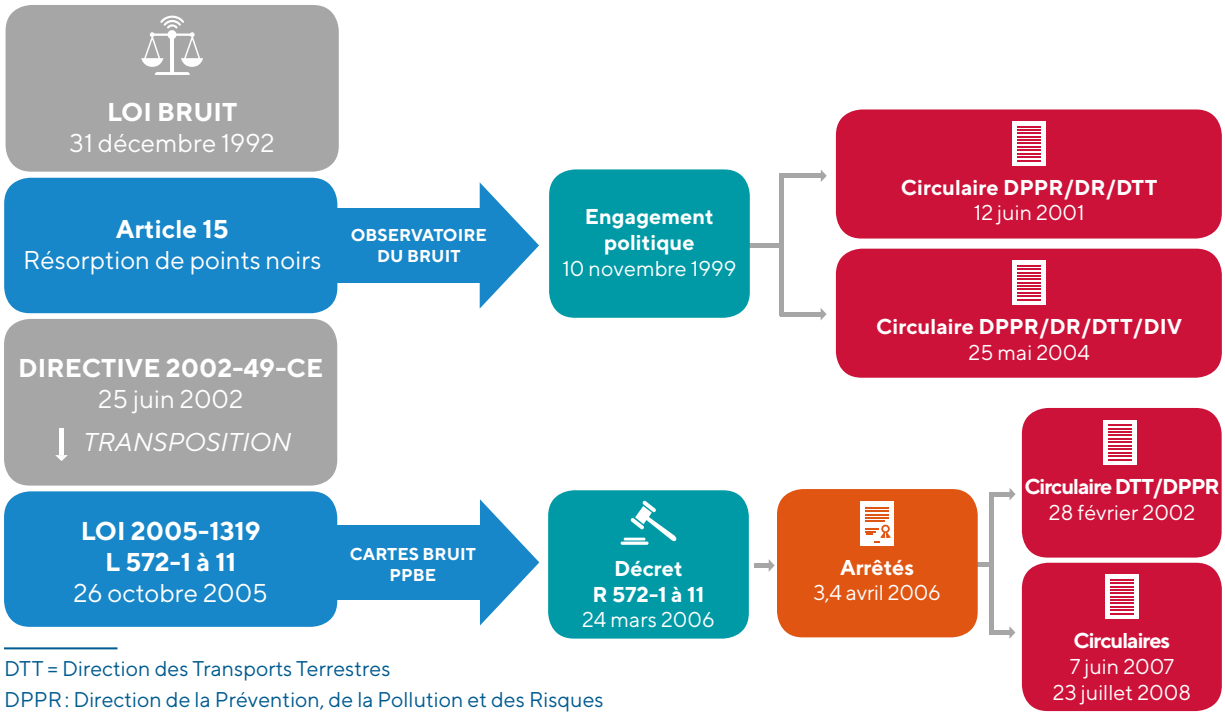
Pour les chantiers de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transports terrestres, le Code de l'environnement indique qu'au moins un mois avant le démarrage des travaux, le maître d'ouvrage fournit au Préfet et aux maires un dossier relatif aux bruits de chantier qui décrit le chantier, le matériel, le calendrier, les moyens de sensibilisation et d'information des tiers et les mesures de réduction du bruit le cas échéant.

Une réglementation spécifique appliquée au matériel roulant

Au niveau européen, les Spécifications Techniques d'Interopérabilité Bruit (STI Bruit) s'appliquent aux constructeurs de matériel roulant. **Elles fixent les valeurs limites de bruit** au passage des trains (bruit à l'émission), à l'arrêt et en accélération d'un matériel neuf ou rénové, circulant dans des conditions normées. Elles concernent tous les types de matériel roulant (wagons fret, locomotives électriques et diesel, voitures voyageurs, automoteurs, TGV). Le respect de ces valeurs limites conditionne leur autorisation de mise sur le marché.

Les niveaux de bruit sont mesurés selon la norme EN ISO3095 « Applications ferroviaires – Acoustique – Mesure du bruit émis par les véhicules ferroviaires ». L'indicateur utilisé est le niveau de pression global intégré sur le temps de passage, pondéré A, LpAeqTp. En fonction de la longueur du train, ce niveau est mesuré à 7,5 m ou 25 m du bord des voies.

Le volet curatif



DTT = Direction des Transports Terrestres
DPPR : Direction de la Prévention, de la Pollution et des Risques
DR = Direction des Routes
DIV = Délégation Interministérielle à la Ville

Les points noirs du bruit (PNB)

Le développement concomitant de la demande de transport et de l'urbanisation le long des infrastructures, en des temps où la réglementation bruit n'existait pas, a conduit à l'apparition d'un grand nombre de situations critiques.

La circulaire du 12 juin 2001 relative à la mise en place des **observatoires du bruit** des transports terrestres est complétée par la circulaire du 28 février 2002 qui précise les modalités de recensement des PNB, tandis que celle du 25 mai 2004 définit les critères d'éligibilité des PNB.

La réglementation impose la mise en place d'observatoires départementaux du bruit par les Préfets, le recensement des PNB par le gestionnaire d'infrastructures et la mise en place d'un programme de résorption de ces situations sous pilotage de l'État.

Un point noir bruit
est un bâtiment sensible (habitation, établissement d'enseignement, de soin, de santé ou d'action sociale) répondant à deux critères simultanément :

\ un critère acoustique : le niveau sonore en façade du bâtiment exposé au bruit ferroviaire doit être supérieur à 73 dB (A) de jour (6h-22h) et / ou 68 dB (A) de nuit (22h-6h) ;

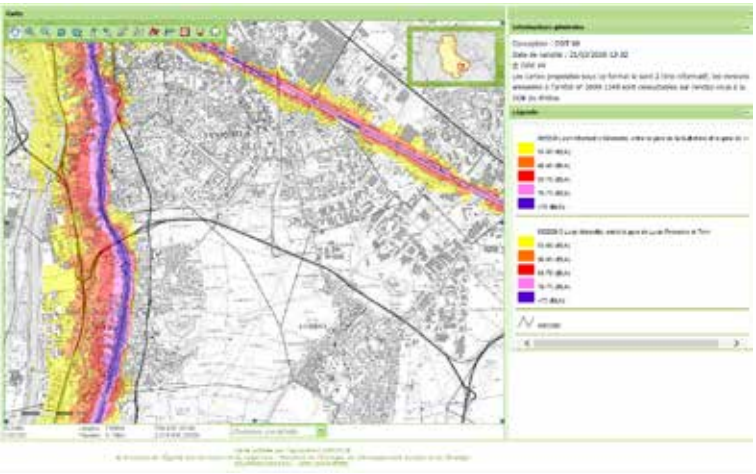
\ un critère d'antériorité : son autorisation de construction doit être antérieure à la date du premier arrêté du classement des voies du département concerné.

Les niveaux en façade des bâtiments PNB doivent être ramenés respectivement à 68 dB (A) de jour et 63 dB (A) de nuit.

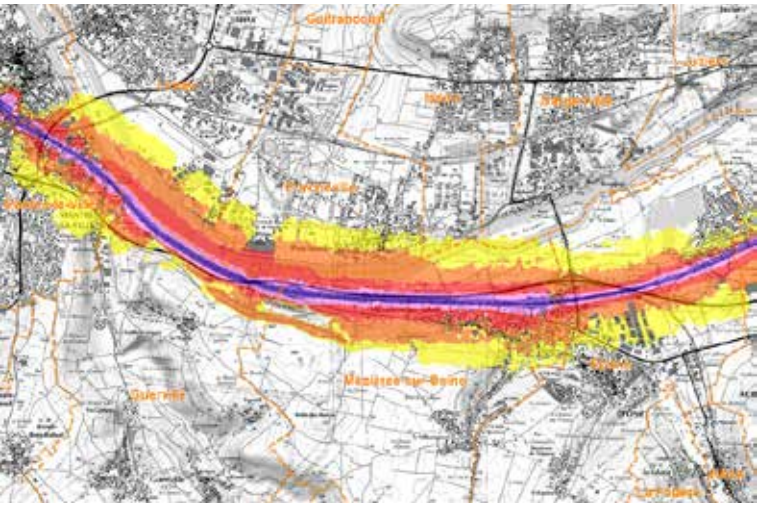
La cartographie du bruit et les plans d'action

La directive européenne sur le bruit 2002/49/CE, transposée en droit français et codifiée aux articles L. 572-1 à 11, définit les bases communautaires de la lutte contre le bruit dans l'environnement. Elle impose aux États membres la réalisation de cartes stratégiques du bruit et de plans d'actions (PPBE = plans de prévention du bruit dans l'environnement) destinés à lutter contre les situations les plus critiques le long des

voies ferrées supportant un trafic supérieur à 30 000 circulations par an d'une part, situées dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants d'autre part. **Ces documents sont réalisés par l'Etat sur la base des données ferroviaires fournies par SNCF Réseau.**



EXTRAIT DE CARTOGRAPHIE DU BRUIT (LDEN) LE LONG DU RÉSEAU FERROVIAIRE DANS LE DÉPARTEMENT DU RHÔNE



EXTRAIT DE CARTOGRAPHIE DU BRUIT (LDEN) LE LONG DU RÉSEAU FERROVIAIRE DANS LE DÉPARTEMENT DES YVELINES

Les cartes issues de la directive européenne présentent le bruit sous forme d'isophones (contours de mêmes niveaux sonores) à partir du trafic actuel.

Si le recensement des PNB effectué dans le cadre des observatoires du bruit vise un objectif similaire, il est réalisé à partir d'un calcul en façade simplifié, basé sur le trafic à long terme croisé avec un repérage terrain bâtiment par bâtiment.

Pour cette cartographie, la directive prescrit d'utiliser deux indicateurs globaux harmonisés à l'échelle européenne et calculés sur la base des niveaux sonores équivalents sur les trois périodes suivantes :

\ **niveau Lden** : calculé à partir des niveaux de bruit des trois périodes :

- Lday : LAeq jour 6h – 18h,
- Levening : LAeq soirée 18h – 22h,
- Lnight : LAeq nuit 22h – 6h.

À ces niveaux sont appliqués des termes correctifs majorants, prenant en compte un critère de sensibilité accrue en fonction de la période. Ainsi, on ajoute 5 dB (A) en soirée et 10 dB (A) la nuit ;

\ **niveau Ln** (Lnight) calculé sur la période de nuit uniquement. ■

CE QU'IL FAUT RETENIR

La réglementation impose à SNCF Réseau de mettre en place des mesures préventives et curatives pour protéger les populations du bruit ferroviaire avec une obligation de résultats, mais aussi au matériel roulant des entreprises ferroviaires de respecter des normes acoustiques de plus en plus contraignantes à leur mise en service.

Par ailleurs, SNCF Réseau collabore étroitement avec l'État et les collectivités pour cartographier et traiter les « points noirs du bruit » existants et mettre en place des plans d'actions.

COMMENT SNCF RÉSEAU TRAITE LE BRUIT FERROVIAIRE ?

Le bruit est traité de manière préventive et curative par SNCF Réseau. Dès la conception des projets, il est un des éléments de réflexion pour le choix du tracé et l'aménagement des infrastructures. L'amélioration de l'armement des voies permet d'atténuer le bruit de roulement des lignes existantes. Des dispositifs complémentaires de protection peuvent être nécessaires pour respecter la réglementation en vigueur.

Les mesures et modélisations

Des bureaux d'études spécialisés réalisent des mesures de bruit et des modélisations en 3 dimensions grâce à des logiciels spécifiques. Les niveaux sonores en façade pour chacun des bâtiments proches des voies et à chaque étage sont ainsi calculés par simulation, à partir des caractéristiques du trafic à long terme.

Ces calculs permettent de fournir des éléments de comparaison entre des variantes d'aménagement, de prévoir avec précision l'impact sonore et les dispositions de protection nécessaires pour respecter les seuils fixés par la réglementation.

Le maître d'ouvrage a une obligation de résultats qui conduit en général à majorer les hypothèses pour garantir l'atteinte de l'objectif de protection recherché. La conformité des niveaux sonores par rapport aux seuils en vigueur est vérifiée après mise en service, par des mesures sur site effectuées par des bureaux indépendants, sous le contrôle des principaux acteurs (préfectures, financeurs, associations…) éventuellement réunis au sein de commissions de suivi pour les plus grands projets.

ACTIONS CONTRE LE BRUIT LE LONG DES VOIES FERRÉES

Les actions pour réduire le bruit

Le tracé

Dans la mesure du possible l'impact sonore des lignes nouvelles est limité en **maintenant le tracé à distance des habitations et/ou en abaissant le profil en long** en dessous du niveau du terrain.

L'amélioration de la voie

SNCF Réseau s'efforce de mettre en œuvre **des structures de voies** dont les caractéristiques garantissent les meilleures performances acoustiques.

Une voie va être plus ou moins émissive de bruit en fonction de l'armement de la voie, c'est-à-dire du type de rail, de traverses (béton/bois), de fixations, de semelles sous rail ou sous traverses.

Un plancher « béton » est plus stable et moins bruyant qu'un plancher « bois » (delta : 3 dB (A)). De même, le remplacement de rails courts par des Longs Rails Soudés (LRS) permet de réduire les vibrations dans le rail et donc le bruit s'en échappant. Le gain est là aussi de 3 dB (A), les deux gains pouvant se cumuler.

Quand leur état de surface est dégradé, il est nécessaire de meuler les rails afin de les rendre plus lisses. Depuis 2017, les marchés de meulage pour la maintenance du rail comprennent un critère de performance acoustique qui exige un niveau de finition de meilleure qualité d'un point de vue acoustique sur les parties du réseau en zone dense.

PASSAGE D'UN TRAIN MEULEUR

Des absorbeurs dynamiques sur rail (système mécanique de type masse/ressort positionné entre les traverses pour atténuer la propagation de la vibration mécanique dans le rail) peuvent apporter un gain de 1 à 4 dB (A) selon la nature du rail et son mode de fixation. Ils sont essentiellement réservés à des traitements de points singuliers comme des ponts métalliques.

ABSORBEUR DYNAMIQUE SUR RAIL

Les types de protection

Deux types de protection sont possibles :

\ **les protections à la source,** mises en place au plus près de l'infrastructure ferroviaire. C'est le mode d'action prioritaire. Elles prennent la forme d'écrans antibruit ou de buttes de terres (merlons). Ces aménagements permettent des niveaux de protection équivalents, le choix de l'un ou de l'autre est guidé par les emprises disponibles (l'écran occupe une faible surface) et l'opportunité de réaliser des traitements paysagers (les merlons en terre sont végétalisés) ;

\ lorsque les protections à la source ne peuvent être mises en place (inefficaces ou économiquement déraisonnables), **l'isolation de façade** reste la solution. Il s'agit de remplacer les fenêtres des bâtiments à protéger par des doubles vitrages à haute performance acoustique si les vitrages existants ne sont pas suffisants. Les entrées d'air, les coffres de volet roulant et la ventilation doivent également être traités.

Les actions complémentaires pour protéger les riverains le long du réseau existant

Le classement des voies et cartographie stratégique

SNCF Réseau **actualise les données de trafic** et d'infrastructure pour la **mise à jour du classement des voies, des observatoires du bruit** et de **la cartographie stratégique du bruit**.
Ces éléments permettent d'avoir une bonne connaissance du réseau et de hiérarchiser les actions à mener inscrites dans les PPBE (Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement).

Le traitement des points noirs bruit (PNB)

Dès 2001, sous l'impulsion de l'État, SNCF Réseau a établi **un inventaire des situations acoustiques critiques** puis hiérarchisé les interventions à partir de deux critères majeurs : le degré de criticité et le volume de population impactée. Ce recensement a permis d'estimer leur nombre à environ 50 000 bâtiments potentiels, dont 1/3 lié aux circulations des trains de marchandises la nuit. Le coût de traitement de l'ensemble de ces bâtiments a été évalué à près de 2 milliards d'euros avec les solutions classiques (écrans anti-bruit et protections de façade).

Dans le sillage du Grenelle de l'environnement, **un plan de résorption des PNB** les plus préoccupants a été adopté et traduit dans les contrats de performance signés avec l'État.
Fin 2009, SNCF Réseau a également signé avec l'ADEME un accord cadre d'un montant de près de 130 millions d'euros financés par l'ADEME (66,7 millions d'euros), l'État (18,5 millions d'euros), SNCF Réseau (18,5 millions d'euros) et les collectivités, qui prévoyait des mesures concrètes pour traiter un premier ensemble de sites.

Des opérations de résorption, dont certaines sont encore en cours, ont permis de traiter à ce jour près de 3000 bâtiments, soit environ 10000 logements. Plus de 12 km d'écrans ont été implantés et les bâtiments non traités par les écrans ont bénéficié de traitements de façade. Ces opérations sont principalement situées en Ile-de-France, en Rhône-Alpes (en particulier les vallées du Rhône et de la Maurienne) et en Aquitaine (agglomération de Bordeaux).

Les programmes de recherche et l'innovation

SNCF Réseau s'implique également dans des expérimentations et des programmes de recherche nationaux et internationaux, sur des problématiques complexes comme **la combinaison de solutions de réduction du bruit sur l'infrastructure et le matériel roulant**, la prédiction fine du bruit au passage du train **avec et sans écran**. Récemment, une réflexion a été lancée afin de considérer les sources sonores dans leur globalité et les intégrer dans les paysages sonores existants en mettant davantage l'humain au cœur des démarches.

Une expérimentation menée sur **différents ponts métalliques** a permis d'affiner la modélisation des nuisances sonores liées à la présence des ponts métalliques à pose directe (sans ballast), de tester différentes solutions (écrans acoustiques, absorbeurs sur rail ou sur ouvrage…) et de définir des modes opératoires à adapter à chaque type de structure. Ces solutions ont été expérimentées ou sont en cours de déploiement sur plusieurs ponts à Enghien-les-Bains, Versailles (pont des Chantiers) et dans le Var. Une autre expérimentation est également en cours sur **la gare de triage** du Bourget / Drancy afin de limiter l'impact sonore lié à l'activité du site en réduisant le bruit de crissement lors du freinage des wagons.

La recherche se poursuit pour mieux comprendre les phénomènes de bruit de crissement en courbe et la propriété du son dans le ballast, ainsi que pour l'optimisation **des écrans anti-bruit** (écrans bas et écrans de nouveau type).

La concertation et le dialogue territorial pour accompagner la règlementation bruit

Avant même de respecter scrupuleusement la loi et les différentes règlementations qui en découlent, SNCF Réseau est conscient de la difficulté de comprendre celles-ci et s'attache à faire preuve de pédagogie avec la population concernée, tant dans ses projets de développement que de modernisation du réseau existant. La réalisation de ce document en partenariat avec France Nature Environnement en est un exemple concret.

L'expérience acquise par l'entreprise en matière de participation du public, notamment sur des projets de nouvelles lignes ferroviaires, a permis de faire évoluer la conduite des projets en intégrant à la réalisation des études des phases de concertation continues. Aujourd'hui, et alors que la politique ferroviaire se concentre sur la maintenance et la modernisation du réseau existant, l'intégration d'écrans acoustiques se co-construit via des dispositifs d'information et de concertation s'adaptant à la taille des projets : ateliers thématiques de proximité avec les riverains directement impactés, développement d'outils digitaux pour simuler les impacts sonores de l'infrastructure et les protections acoustiques qui seront mises en place, etc.

SNCF Réseau, entreprise publique, respecte la réglementation, explique la complexité des projets, informe sur les nuisances sonores et les moyens mis en œuvre pour réduire l'impact sonore des projets.

Le bruit des chantiers ferroviaires

Tout comme en matière environnementale, la démarche « ERC » (Éviter, Réduire, Compenser) est mise en œuvre autant que possible. Ainsi, la prise en compte de la composante « bruit » dans un chantier ferroviaire se fait le plus en amont possible, afin de mieux en maîtriser l'impact (en éloignant la base des travaux de lieux d'habitations, en éloignant les machines les plus bruyantes des riverains concernés ou à défaut en insérant des protections acoustiques le long du périmètre des travaux).

Les phases de consultation des entreprises constituent une étape importante pour définir ces exigences particulières relatives au bruit durant la période de chantier. Pendant les travaux proprement dits, les actions portent essentiellement sur la vérification par le maître d'ouvrage ou son représentant (maître d'œuvre ou bureau de contrôle externe) du respect des prescriptions initiales, sur la conformité et le bon usage des matériels utilisés et sur la mise en place de protections temporaires ou définitives. Une mesure du bruit durant le chantier peut également être envisagée.

Le ressenti des riverains étant directement lié à l'interprétation qu'ils se font des travaux (déroulement, finalité), une information fréquente et régulière la plus complète possible est recherchée. SNCF Réseau agit à différents niveaux : en préventif lors de l'analyse de la sensibilité du site, sur le déroulement des travaux et sur l'organisation spatiale du chantier. Le personnel du chantier est sensibilisé aux problèmes de bruit pour permettre une utilisation rationnelle et optimale des engins et matériels. La détermination de l'exposition au bruit du personnel par mesures acoustiques peut constituer un bon outil de sensibilisation.

L'évolution du matériel roulant

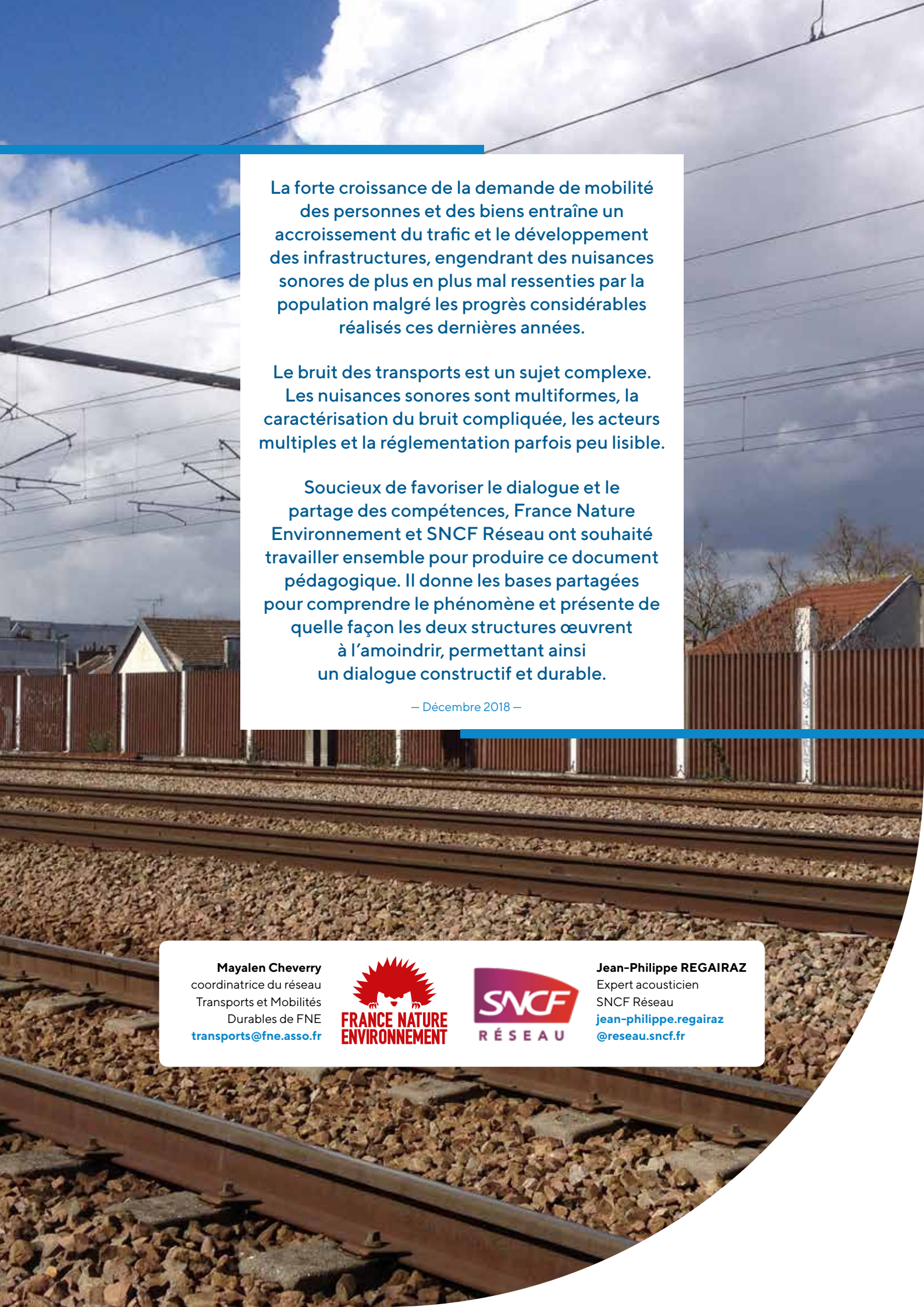
La lutte contre le bruit ferroviaire est également une préoccupation forte pour le groupe SNCF, dont le parc matériel évolue.

La SNCF contribue fortement aux travaux européens en la matière et intègre des spécifications acoustiques dans **les cahiers des charges de ses matériels roulants**. Le déploiement de matériels ferroviaires récents moins bruyants se poursuit avec le Francilien en Ile-de-France et les Régiolis et Regio 2N dans plusieurs régions.

Les matériels roulants sont en constante amélioration, en particulier les organes de freinage, permettant une limitation des niveaux sonores sur l'ensemble du parcours et pas uniquement dans les zones de freinage. Entre les TGV de première génération (1981) et les rames actuelles, un gain de plus de 14 dB (A) a été constaté.

De même, une opération pilote a été réalisée en Ile-de-France sur les rames du RER C entre juin 2004 et juin 2006 visant à remplacer les semelles de freins en fonte par **des semelles en matériaux composites.** Des mesures de bruit ont mis en évidence une baisse de -8 à -10 dB (A) des émissions sonores liées à la circulation de ces matériels. Ce matériel roulant circulant avec d'autres matériels, la baisse globale du niveau sonore est de -3 à -6 dB (A), profitant à l'ensemble des riverains de la ligne. La majorité du matériel voyageurs, hors Corail et VB2N (voitures banlieue à 2 niveaux), est désormais équipée de semelles de frein en matériaux composites.

Pour le matériel fret, dont la circulation engendre près d'un tiers des points noirs bruit, la grande majorité des wagons n'a pas encore profité de cette amélioration, qui dépend des détenteurs de wagons.



La forte croissance de la demande de mobilité des personnes et des biens entraîne un accroissement du trafic et le développement des infrastructures, engendrant des nuisances sonores de plus en plus mal ressenties par la population malgré les progrès considérables réalisés ces dernières années.

Le bruit des transports est un sujet complexe. Les nuisances sonores sont multiformes, la caractérisation du bruit compliquée, les acteurs multiples et la réglementation parfois peu lisible.

Soucieux de favoriser le dialogue et le partage des compétences, France Nature Environnement et SNCF Réseau ont souhaité travailler ensemble pour produire ce document pédagogique. Il donne les bases partagées pour comprendre le phénomène et présente de quelle façon les deux structures œuvrent à l'amoindrir, permettant ainsi un dialogue constructif et durable.

— Décembre 2018 —

Mayalen Cheverry
coordinatrice du réseau Transports et Mobilités Durables de FNE
transports@fne.asso.fr

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT

SNCF RÉSEAU

Jean-Philippe REGAIRAZ
Expert acousticien
SNCF Réseau
jean-philippe.regairaz@reseau.sncf.fr