



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



FRANCE STRATÉGIE



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Premier ministre

Secrétariat
général pour
l'investissement

GROUPE DE TRAVAIL SUR LE COÛT DES EFFETS DE SANTÉ DU BRUIT DE CHANTIER

**WEBINAIRE CEREMA – BRUIT DE CHANTIER
16 NOVEMBRE 2021**

BÉNÉDICTE MEURISSE (CGDD), ALICE ROBINET (CGDD*)

* En poste lors des travaux

Partie 1 – Introduction

□ Contexte (1/3)

La loi de programmation des finances publiques de 2012 introduit **l'obligation d'évaluation socio-économique ex ante des investissements financés par l'Etat** et ses établissements publics.

Évaluation socio-économique : Évaluation de la pertinence socio-économique d'un projet en comparant ses coûts et ses bénéfices sur le long terme, du point de vue de l'ensemble de la société et non pas du seul point de vue du porteur de projet.

Constats :

- Les **effets de santé** sont très peu pris en compte dans les évaluations ;
- La **phase chantier** est très peu prise en compte dans les évaluations ;
- Selon une étude du Credoc, 18 % des personnes interrogées ont désigné le **bruit de chantier** comme pouvant être une nuisance au quotidien.

Pour accompagner l'obligation d'évaluation : Installation en 2016 d'un **Comité d'Experts des méthodes d'évaluation socio-économique** qui encourage le développement de **méthodes de référence** pour l'évaluation socio-économique de projets d'investissement.

⇒ Plusieurs rapports de référence....

□ Contexte (3/3)

Le cas des infrastructures de transport :

La Commission Quinet (2013) a mis à disposition **des valeurs monétaires du bruit exprimées par véhicule.km « clés en main »** pour le porteur de projet :

Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût moyen des nuisances sonores en €2010/1000v.km	Coût moyen – véhicule léger	Coût moyen – poids lourd
Rural	Autoroute	0.78	0.5	1.9
	Nationale ou départementale	3.35	1.9	13.6
	Communale	16.75	10.5	115.2
Semi-urbain	Autoroute	3.14	2.0	7.8
	Nationale ou départementale	7.35	3.3	23.4
	Communale	35.08	16.9	168.6
Urbain	Autoroute	8.99	5.6	22.5
	Nationale ou départementale	9.75	5.7	39.7
	Communale	48.45	31.5	314.6
Urbain dense	Autoroute	13.24	8.3	33.1
	Nationale ou départementale	15.72	9.1	64.0
	Communale	58.41	37.9	379.3
Urbain très dense	Autoroute	22.4	14.0	56.0
	Nationale ou départementale	28.95	16.8	117.9
	Communale	66.29	43.0	430.5

Valeurs obtenues à l'aide d'une **approche top-down en 2 étapes** :

1/ Estimation à l'échelle nationale d'un coût du bruit en croisant les données d'exposition au bruit des transports (CSB) et les coûts par personne exposée selon le niveau sonore ;

2/ Calcul d'un coût par km parcouru à l'aide des données de trafic correspondant aux données d'exposition, puis différenciation du coût unitaire selon plusieurs paramètres (densité, type d'infrastructure, type de véhicule, ...).

Contexte (3/3)

Lancement en janvier 2020 d'un groupe de travail sur l'évaluation socio-économique des effets de santé des projets d'investissement public.

Co-présidents : Benoît Dervaux (Univ. de Lille, CHU Lille), Lise Rochaix (PSE / Hospinnomics).

Rapporteurs & coordinateurs : Bénédicte Meurisse (CGDD), Alice Robinet (CGDD*).

Mandat :

- Établir une méthodologie d'estimation des coûts marchands et non marchands des effets de santé qui puisse être appliquée à différents secteurs ;
- Mettre à disposition des outils clés en main permettant d'intégrer les effets de santé dans les évaluations socio-économiques *ex ante* de projets d'investissement.

4 applications (= 4 sous-groupes de travail)

- Inondations
- Inefficacité énergétique des logements
- **Bruit de chantier**
- Activité physique dans l'espace public

Partie 2 – Démarche et résultats du groupe de travail

- Constitution d'un groupe de travail pluridisciplinaire
- Revue de littérature
- Etude de cas

2.1. Constitution d'un (sous-)groupe de travail pluridisciplinaire

Co-rapporteurs et animateurs :

Laurence Hartmann, Conservatoire national des arts et métiers
Jincheng Ni, France Stratégie

Membres :

Anthony Cadène, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (Anses)
Anne-Sophie Evrard, Université Gustave Eiffel
Frédéric Leray, Direction générale de la prévention des risques, Ministère de la transition écologique
Julien Maillard, Centre scientifique et technique du bâtiment
Fanny Mietlicki, Bruitparif
Laetitia Nave, Bruitparif
Etienne Pihouée, Société du Grand Paris
Geoffrey Pot, Cerema
Emmanuel Thibier, Agence de la transition écologique (Ademe)

4 réunions plénières entre avril et octobre 2020

□ 2.1. Constitution d'un (sous-)groupe de travail pluridisciplinaire

Objectif du groupe de travail :

Concevoir un jeu de valeurs monétaires facilement utilisable par un porteur de projet pour évaluer le coût, pour la santé, du bruit de la phase chantier, dans le cadre d'une évaluation socio-économique *ex ante* de son projet.

⇒ **Aucune contrainte ou obligation supplémentaire pour le porteur de projet** mais vise à interpellier et susciter l'attention sur les conséquences sanitaires des chantiers afin d'enclencher une démarche plus systématique de prévention sur le terrain et de permettre de mieux la dimensionner.

Focus sur :

- Les **riverains** (travailleurs non pris en compte) ;
- Le bruit de la **phase chantier** (bruit du projet en tant que tel (ex. mode de transport) non pris en compte) ;
- Le bruit sur la **zone du chantier** (bruit lié aux transports (approvisionnement de matériaux et évacuation des déchets) et variation du bruit à proximité du chantier liée à une éventuelle déviation non pris en compte).

□ 2.2. Revue de littérature

□ Les effets du bruit sur la santé (1/3) => Connaissances sur les bruits de transport

> 105 dB(A) : Risques immédiats/ court terme pour l'audition : surdité, acouphènes...

80-105 dB(A) : Risques à moyen/long terme pour l'audition si exposition chronique : pertes auditives

40-80 dB(A) : Gamme des bruits environnementaux pouvant conduire à des effets extra-auditifs

Effets validés par les preuves scientifiques (OMS, 2018)

	Route	Fer	Aérien
Maladies cardio-vasculaires	++	Manque d'études	Manques d'études/+
Perturbations du sommeil	++	++	++
Gêne	++	++	++
Retards dans les apprentissages	Manque d'études	Manque d'études	++

Plusieurs facteurs entrent en considération : niveau sonore, fréquence, caractère continu ou intempestif du bruit, durée d'exposition, sensibilité individuelle...

□ 2.2. Revue de littérature

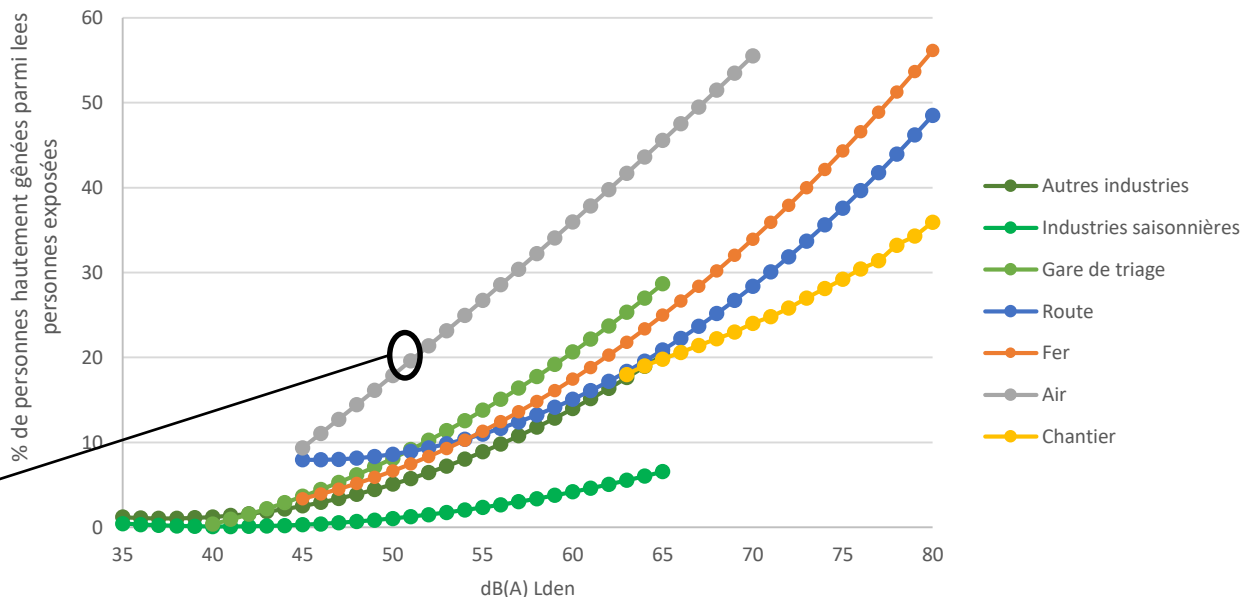
□ Les effets du bruit sur la santé (2/3) => Quid du bruit de chantier ?

Référence	Objectif
Zou <i>et al.</i> (2020) (Chine)	Etudie, à l'aide de mesures et d'une enquête, l'impact du bruit et des vibrations sur les résidents => Construit des courbes dose-réponse pour différents niveaux de gêne causée par le bruit
Liu <i>et al.</i> (2017) (Chine)	Etudie, à l'aide de mesures et d'une enquête, l'impact du bruit de chantier sur la population => Construit une courbe dose-réponse pour la gêne causée par le bruit de chantier
Xiao <i>et al.</i> (2016) (Chine)	Propose une méthode permettant d'évaluer ex post le coût des effets sur la santé du bruit de chantier (+ application)
Jung <i>et al.</i> (2020) (Corée)	Propose une méthode permettant ex ante de dimensionner la hauteur des murs anti-bruit au regard des coûts de santé évités par les murs (+ application)

2.2. Revue de littérature

Les effets du bruit sur la santé (3/3) => Comparaison entre sources de bruit

Comparaison des courbes dose-réponse pour la gêne selon l'origine du bruit



Ex. 20% des personnes exposées à un niveau sonore de 50dB(A) (bruit aérien) se déclarent hautement gênées.

□ 2.2. Revue de littérature

□ Agrégation des effets de santé à l'aide du DALY (*Disability Adjusted Life Years*)

Le DALY est un indicateur synthétique de santé utilisé par l'OMS pour évaluer la charge de morbidité à l'échelle mondiale.

On a **#DALY = nombre d'années de vie ajustées sur l'incapacité.**

L'ajustement est effectué à l'aide d'un **score d'incapacité** (DW – *disability weight*) qui reflète la sévérité de la maladie. Il est compris entre 0 en cas de parfaite santé (absence d'incapacité) et 1 en cas de décès (totale incapacité).

On a : **DW(gêne) = 0,02** et **DW(perturbations du sommeil) = 0,07** (OMS, 2011).

Le coefficient d'incapacité permet de traduire « 1 année avec un effet de santé donné » en un « nombre d'années de vie en bonne santé perdues ».

□ 2.2. Revue de littérature

□ Chiffres clés (en termes d'effets de santé liés au bruit)

À l'échelle nationale (Ademe, 2021) :

- 17,2 millions de personnes sont fortement gênées et 3,9 millions connaissent des perturbations du sommeil ;
- 694 000 DALY annuels au titre de tous les effets sur la santé du bruit des transports.

À l'échelle francilienne (Bruitparif, à paraître) :

- 4,46 millions de personnes sont fortement gênées et 1,4 million connaissent des perturbations du sommeil.

□ 2.2. Revue de littérature

□ Le coût social du bruit

À l'échelle nationale (Ademe, 2021) :

Le coût social annuel total est estimé à **147,1 milliards d'euros**, répartis en :

- ✓ coûts sanitaires marchands (médication, hospitalisation, indemnisation) : 0,9 Md€ ;
- ✓ coûts sanitaires non marchands (pertes de bien-être = DALY monétarisés) : 126,3 Md€ ;
- ✓ coûts non sanitaires marchands (décote immobilière, perte de productivité) : 17,9 Md€ (+ 2 Md€ de dépenses de surveillance et recherche).

⇒ L'Ademe (2021) chiffre le coût du bruit de chantier à 5,3 Md€.

À l'échelle francilienne (Bruitparif, à paraître) :

Le coût social annuel total est estimé à 44,5 milliards d'euros, dont

- 62,9 % pour le bruit des transports ;
- 23,4 % pour le bruit de voisinage ;
- 12,4 % pour le bruit professionnel.

□ 2.3. Étude de cas

□ Pourquoi un cas d'étude ?

Niveaux d'exposition au bruit d'un chantier qui dépendent des caractéristiques :

- **du chantier** : type de chantier, nature des travaux, durée, ...
- **de l'environnement du chantier** : densité de bâti, densité de population.

Pas de base de données nationale sur les chantiers (avec les caractéristiques du chantier pertinentes au regard du bruit et les caractéristiques relatives à l'environnement du chantier permettant d'apprécier les niveaux de population exposée).

□ Quels critères de sélection du cas d'étude ?

Disponibilité des données relatives :

- **au chantier (types de sources, etc.) ;**
- **au bruit généré par le chantier (pour caler hypothèses...) ;**
- **à l'environnement autour du chantier (population, etc.).**

Choix du chantier de la future gare de métro de Champigny sur Marne
équipé de Méduses
(capteurs de Bruitparif)

□ 2.3. Étude de cas

□ Informations recueillies (2/3)



**Emprise du
chantier et
localisation
des méduses
(Bruitparif)**

□ 2.3. Étude de cas

□ Informations recueillies (3/3) => phase de terrassement-fondations

date	créneau	source	nom de l'engin	durée de l'échantillon	durée de présence de la source	Laeq moyen	localisation sur plan	mouvement
10-janv	15h - 15h20	source1		20 min	au moins entre 7h et 18h	72,5		fixe
17-janv	12h-12h30	source2		30 min	entre 11h15 et 18h40	70,6		fixe
17-janv	10h	source4		15 min	au moins 3h	71,4		fixe
07-févr	14h30-14h45	source3		15 min	1 heure	70,5		mobile
11-févr	13h-13h45	source5		45 min	entre 13h et 13h45	78,7		fixe
21-févr	10h15	source6		8min	au moins 3h	69		fixe
21-févr	16h	source7		45 min	au moins 2 heures	85,8		fixe
17-févr	8h	source8		2h15	entre 7h30 et 9h15	80,1		mobile
25-févr	entre 9h15 et 10h15	source9 (=source7)		45 min	au moins 1h15	87,5		fixe
03-mars	12h45-13h00	source10		15 min	30 min	92		fixe
03-mars	16h-17h	source11		60min	environ 2h	75,5		fixe

Photos et mesures des méduses par source (Bruitparif)



2.3. Etude de cas

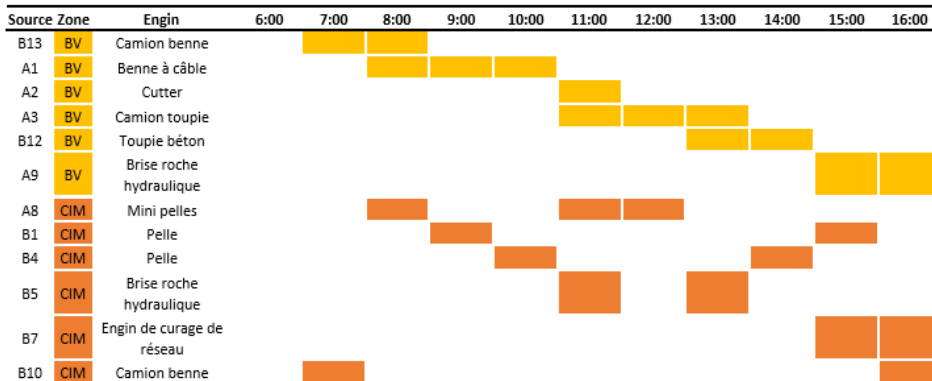
Choix du groupe de travail

Identification et sélection des sources

Source	Zone	Engin	Action	Type
B13	BV	Camion benne	Opération installation chantier	Mobile
A1	BV	Benne à câble	Forage des parois moulées	Fixe
A2	BV	Cutter	Forage des parois moulées dans horizons géologiques	Fixe
A3	BV	Camion toupie	Livraison du béton	Mobile
B12	BV	Toupie béton	Coulage des parois moulées	Fixe
A9	BV	Brise roche hydraulique	Recépage de parois moulées	Fixe
A8	CIM	Mini pelles	Creusement de petites tranchées	Fixe
B1	CIM	Pelle	Opération préparation chantier	Fixe
B4	CIM	Pelle	Opération préparation chantier	Mobile
B5	CIM	Brise roche hydraulique	Opération préparation chantier	Fixe
B7	CIM	Engin de curage de réseau	Opération préparation chantier	Fixe
B10	CIM	Camion benne	Opération installation chantier	Mobile

BV » correspond au capteur de Champigny Base Vie et CIM au capteur de Champigny Cimetiére.

Définition d'une journée type de travaux



Localisation des sources (dont hauteur)



Définition du périmètre

BD Topo fournie : superficie de 1 100 x 650 m²

Exposition au sein du bâtiment

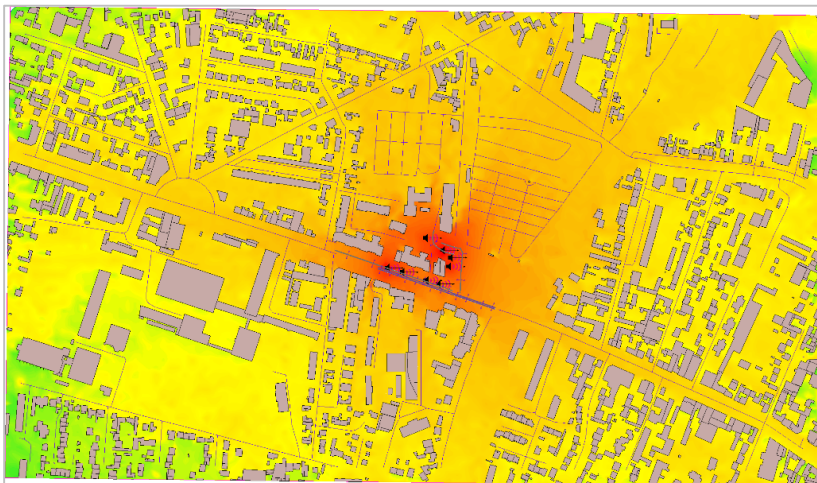
Tous les habitants d'un bâtiment sont considérés comme exposés au niveau sonore le plus élevé mesuré sur l'une des façades.

2.3. Etude de cas

Résultats (1/4)

En termes de niveaux sonores :

Niveaux sonores en dehors des bâtiments



Niveaux sonores en façade riverains



Niveaux de Bruit (dB)



Obtenus avec le logiciel MithraSIG (CSTB) sur un périmètre autour du chantier de 1 100 x 650 m².

□ 2.3. Etude de cas

□ Résultats (2/4)

❖ En termes de populations exposées :

Niveau sonore dB(A)	Nombre d'habitants
<10	9
10-14	0
15-19	0
20-24	0
25-29	2
30-34	161
35-39	46
40-44	116
45-49	208
50-54	1 679
55-59	1 462
60-64	40
65-69	154
70-74	220
75-79	248
80-84	44
85-89	0
Total	4 389

Environ 4 400 personnes exposées, dont :
 76 % entre 50 et 69 dB(A)
 12 % supérieur à 70 dB(A)

**Obtenus avec le logiciel MithraSIG
 (CSTB)**
 (données de population
 géolocalisées fournies par Bruitparif)

□ 2.3. Etude de cas

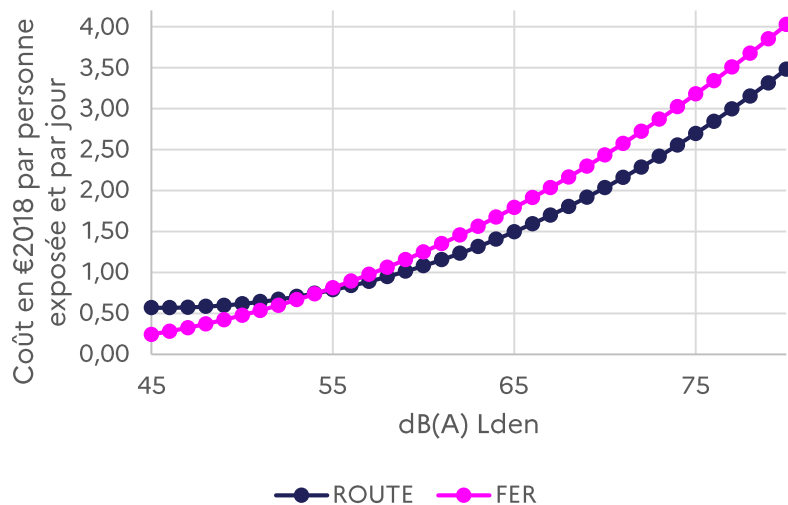
□ Résultats (3/4)

❖ **En termes de coût par personne exposée** (indépendant du cas d'étude, mais choix du GT) :

Utilisation des courbes dose-réponse des transports :

*Ce sont les seules validées ;

*Ressemblances entre bruit des engins et bruit routier, et entre pics de bruit et passages de trains.



Coût d'une personne gênée =

$(131\ 000\text{€} \times 0,02) / 365 = 7,2\text{€}/\text{jour}$ obtenu en valorisant des DALY avec :

- Durée : 1 jour (hypothèse : **coût linéaire avec la durée**),
- Coefficient d'incapacité (gêne, hors TS) : 0,02 (OMS, 2011),
- Valeur tutélaire d'une année de vie : 131 000€₂₀₁₈ (Quinet, 2013).

Coût par personne exposée selon le niveau sonore (ci-joint) = moyenne du coût par personne gênée (7,2€, ci-dessus) et du coût par personne non gênée (0€) pondérée par la part de personnes gênées parmi les personnes exposées au niveau sonore donné (courbe dose-réponse).

□ 2.3. Etude de cas

□ Résultats (4/4)

❖ En termes de coût par journée de chantier :

Entre 4 200 et 4 440€ selon la courbe dose-réponse retenue (route / fer).

Attention :

Il s'agit de coûts valables uniquement pour la phase de terrassement-fondations d'un chantier de construction d'une gare, dans un environnement caractérisé par une densité de population et une densité de bâti données.

Partie 3 – Suites à donner

Réplication de la démarche pour :

- **d'autres types de chantier et/ou phases de travaux**

Autres sources et phasage des sources



- **des chantiers de nuit**

Niveaux sonores en Ln

Intégration des perturbations du sommeil en plus de la gêne



- **d'autres environnements de chantier**

Autres niveaux de densité de population et de bâti



- **évaluer les bénéfices de leviers de réduction du bruit de chantier**

Murs anti-bruit, modification du phasage des sources, remplacement d'une source bruyante, etc.



Autres questions soulevées / travaux nécessaires :

- Construction de courbes dose-réponse spécifiques au bruit de chantier en Europe
- Prise en compte **d'autres effets de santé** (ex. maladies cardiovasculaires) et **effets indirects** (ex. pertes de productivité...)
- Prise en compte d'autres populations exposées que les riverains (ex. **travailleurs**)
- Prise en compte du **bruit de fond**
- Meilleure prise en compte de la **durée d'exposition** (i.e. lever l'hypothèse de linéarité)
- Prise en compte de **l'utilité du chantier** (pour les effets subjectifs) ?
- Quid d'une **base de données nationale** sur les chantiers ?

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Benedicte.meurisse@developpement-durable.gouv.fr

Alice.robinet@strategie.gouv.fr

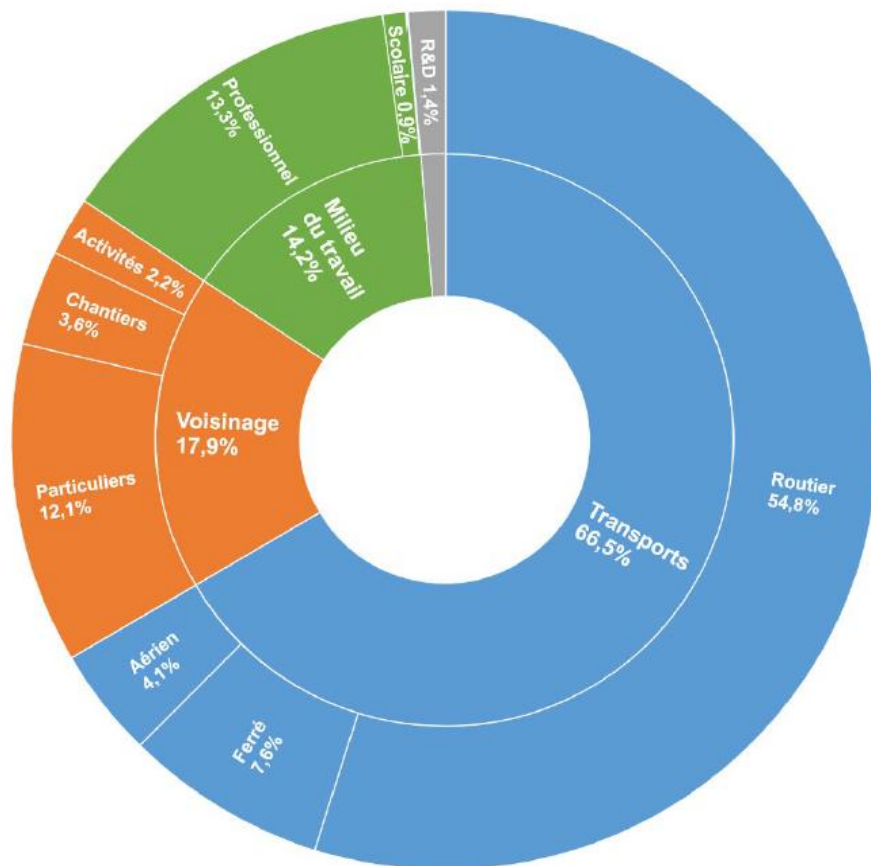
CGDD, France Stratégie, SGPI (à paraître), *Évaluation socio-économique des effets de santé des projets d'investissement public*, sous la direction de Benoît Dervaux, Lise Rochaix, Bénédicte Meurisse (rapp.)

CGDD (à paraître), *Le coût des nuisances sonores des chantiers : Quelle intégration dans les évaluations socio-économiques de projets ?*, B. Meurisse, A. Robinet, L. Hartmann & J. Ni. Thema Essentiel, CGDD.

- Ademe (2021)**, Estimation du coût social du bruit en France et analyse de mesures d'évitement simultané du coût social du bruit et de la pollution de l'air
- Bruitparif (2019)**, Impacts sanitaires du bruit des transports dans la zone dense de la région Île-de-France, 2019.
- European Environment Agency (2020)**. Environmental noise in Europe-2020. EEA Report No 22/2019.
- Jung, Seunghoon, et al. (2020)**, Quantitative health impact assessment of construction noise exposure on the nearby region for noise barrier optimization. *Building and Environment* (2020): 106869.
- Lee, S. C., Kim, J. H., & Hong, J. Y. (2019)**. Characterizing perceived aspects of adverse impact of noise on construction managers on construction sites. *Building and Environment*, 152, 17-27.
- Liu, Y., Xia, B., Cui, C., & Skitmore, M. (2017)**. Community response to construction noise in three central cities of Zhejiang province, China. *Environmental Pollution*, 230, 1009-1017.
- Miedema et Vos, (2004)**, Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals, *The Journal of the Acoustical Society of America* 116, 334 (2004); doi: 10.1121/1.1755241
- OMS (2011)**. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- OMS (2018)**. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhaguen – Organisation mondiale de la Santé.
- Quinet, E. (2013)**, L'évaluation socio-économique en période de transition. Rapport du groupe de travail présidé par Émile Quinet, Commissariat général à la stratégie et à la prospective 1 (2013).
- Xiao, J., Li, X., & Zhang, Z. (2016)**. Daly-based health risk assessment of construction noise in Beijing, China. *International journal of environmental research and public health*, 13(11), 1045.
- Zou, C., Zhu, R., Tao, Z., Ouyang, D., & Chen, Y. (2020)**. Evaluation of Building Construction-Induced Noise and Vibration Impact on Residents. *Sustainability*, 12(4), 1579.
-

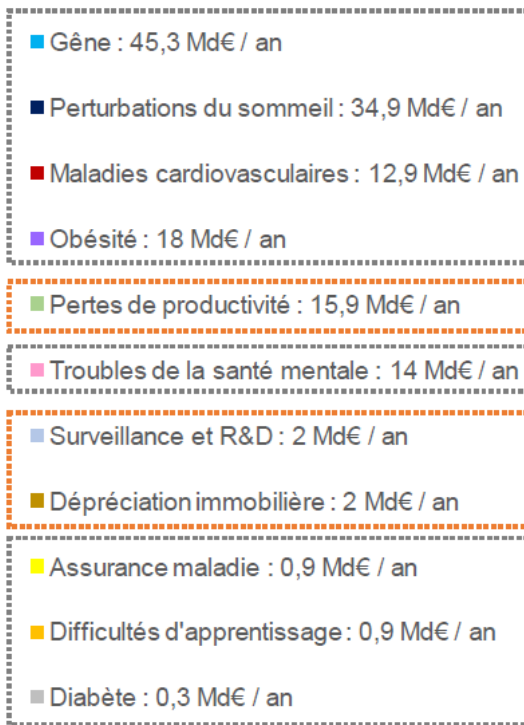
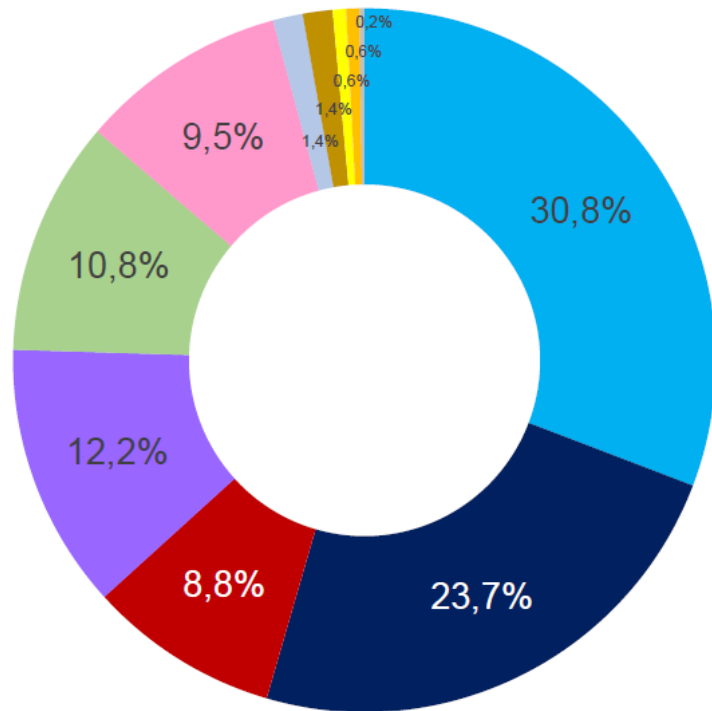
Annexes

Les contributions des différentes sources



(Ademe, 2021)

Les coûts des différents effets du bruit



Coûts sanitaires : 127,2 Md€ (86%)

Coûts non sanitaires : 19,9 Md€ (14%)

(Bruitparif)

Focus sur le coût du bruit de chantier estimé par l'Ademe (2021)

- **2,3 millions de personnes sont exposées au bruit de chantier dans les 10 plus grandes villes de France**, sous l'hypothèse que :
 - i) les résidents dans un rayon de 100 mètres autour d'un chantier sont exposés au bruit (1/3 à un niveau de 57,5 dB(A), 1/3 à un niveau de 67,5 dB(A) et 1/3 à un niveau de 77,5 dB(A)) ;
 - ii) le nombre moyen de chantiers par km² est égal à quatre dans ces dix plus grandes villes de France (sous l'hypothèse forte que la moitié des chantiers en France se situent dans ces villes),
et sachant que la densité moyenne de ces dix villes est de 2 095 habitants par km².

- **Quantification et valorisation des effets de santé associés à cette exposition :**
 - **Perte de bien-être estimée à hauteur de 4,2 Md€** en valorisant chaque DALY à hauteur de 132 000€₂₀₂₀ par année (Quinet, 2013) :
 - 13 000 DALY au titre de la gêne (courbe dose-réponse du bruit de chantier issue de Liu et al., 2017)
 - 13 000 DALY au titre des perturbations du sommeil (courbe dose-réponse du bruit routier issue de OMS 2018)
 - 5 000 DALY au titre des troubles de santé mentale (courbe dose-réponse du bruit routier issue de Lan et al., 2020)
 - 150 + 290 DALY au titre des cardiopathies ischémiques et des AVC (courbe dose-réponse du bruit routier issue de OMS 2018)
 - **Coût de mortalité prématurée liée aux maladies cardiovasculaires estimé à hauteur de 826 M€** (courbe dose-réponse du bruit routier issue de OMS 2018 et valeur d'une vie statistique de 3,5Md€, Quinet 2013)
 - **Coûts médicaux estimés à hauteur de 1,15 M€** (anxiolytiques : 0,3 M€, selon la courbe dose-réponse de médication du bruit routier (Okokon, 2018) + hospitalisation : 0,9 M€ en supposant que 16% des personnes atteintes de maladies cardiovasculaires sont hospitalisées et en appliquant le coût d'une hospitalisation en cardiologie)
 - **Pertes de productivité** (liées aux perturbations du sommeil) estimés à hauteur de **273 M€** en supposant une perte de productivité de 2,4 % sur un coût horaire de 37,3€/h et 1 600h/an.