LE COÛT SOCIAL DU BRUIT EN ÎLE-DE-FRANCE

RAPPORT D'ÉTUDE

NOVEMBRE 2021

BRUITPARIF

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 3
1.1 PRÉAMBULE 3
1.2 CONTEXTE FRANCILIEN 3
1.3 DÉFINITION DU COÛT SOCIAL DU BRUIT 5
1.4 STRUCTURATION DU RAPPORT 5
2 BRUIT DES TRANSPORTS 6
2.1 EXPOSITION 6
2.1.1 Méthodologie d'estimation 6
2.1.2 Résultats 7
2.2 COÛTS SANITAIRES 8
2.2.1 Coûts sanitaires non marchands 9
2.2.1.1 Gêne 10
2.2.1.2 Perturbations du sommeil 12
2.2.1.3 Maladies cardiovasculaires 14
2.2.1.4 Difficultés d'apprentissage 16
2.2.1.5 Troubles du métabolisme 17
2.2.1.6 Troubles anxiodépressifs 18
2.2.2 Coûts sanitaires marchands 19
2.2.2.1 Hospitalisation 19
2.2.2.2 Consommation de médicaments 19
2.3 COÛTS NON SANITAIRES 19
2.3.1 Perte de productivité 20
2.3.2 Dévalorisation du patrimoine 20
2.4 SYNTHÈSE 21
3 BRUIT DE VOISINAGE 23
3.1 MÉTHODOLOGIE 23
3.2 BRUIT DES PARTICULIERS 23
3.2.1 Coûts sanitaires 23
3.2.1.1 Gêne 23
3.2.1.2 Perturbations du sommeil 24
3.2.1.3 Troubles psychologiques 24
3.2.1.4 Consommation de médicaments 24
3.2.2 Coûts non sanitaires 24
3.2.2.1 Perte de productivité 24
3.2.2.2 Dévalorisation du patrimoine 25
3.3 BRUIT DES ACTIVITÉS 25
3.3.1 Coûts sanitaires 25
3.3.1.1 Gêne 25
3.3.1.2 Perturbations du sommeil 25
3.3.1.3 Troubles psychologiques 25
3.3.1.4 Consommation de médicaments 26
3.3.2 Coûts non sanitaires 26
3.3.2.1 Perte de productivité 26
3.3.2.2 Dévalorisation du patrimoine 26
3.4 BRUIT DES CHANTIERS 26
3.4.1 Estimation de l'exposition 26

3.4.2 Coûts sanitaires 27
3.4.2.1 Coûts sanitaires non marchands 27
3.4.2.2 Coûts sanitaires marchands 27
3.4.3 Coûts non sanitaires 28
3.5 SYNTHÈSE 28
4 BRUIT AU TRAVAIL OU À L'ÉCOLE 30
4.1 BRUIT AU TRAVAIL 30
4.1.1 Pertes d'audition 30
4.1.2 Accidents du travail 31
4.1.3 Gêne 31
4.1.4 Perte de productivité 32
4.2 BRUIT À L'ÉCOLE 32
4.2.1 Difficultés d'apprentissage 32
4.2.2 Effets sanitaires chez les enseignants 33
4.2.3 Gêne et fatigue chez les élèves 33
4.3 BRUIT EN MILIEU HOSPITALIER 33
4.4 SYNTHÈSE 34
5 DÉPENSES TRANSVERSALES 35
6 ANALYSE GLOBALE 36
6.1 CONTRIBUTION DES SOURCES 36
6.1.1 Bruit des transports 36
6.1.2 Bruit de voisinage 37
6.1.3 Bruit au travail ou à l'école 37
6.1.4 Dépenses transversales 37
6.2 CONTRIBUTION DES EFFETS 37
6.3 PART DE L'ÎLE-DE-FRANCE 39
6.3.1 Bruit des transports 39
6.3.2 Bruit de voisinage 40
6.3.3 Bruit au travail ou à l'école 41
6.3.4 Dépenses transversales 41
6.4 ÉVOLUTION 41
6.4.1 Mise à jour des méthodes d'évaluation 41
6.4.2 Élargissement du périmètre d'étude 42
6.4.3 Synthèse des évolutions 43
6.5 QUALITÉ DES ÉVALUATIONS 44
6.5.1 Niveaux de robustesse des évaluations 44
6.5.2 Facteurs d'incertitude 46
6.5.2.1 Données d'exposition 46
6.5.2.2 Relations dose-réponse 46
6.5.2.3 Insonorisation des logements 47
6.5.2.4 Facteurs d'incapacité 47
6.5.2.5 Multi-exposition au bruit 48
6.5.2.6 Valeur statistique d'une année de vie 48
6.5.3 Limites 49
7 CONCLUSION 50
ANNEXE 52

1 INTRODUCTION

1.1 PRÉAMBULE

Alors que l'Ademe et le Conseil national du bruit (CNB) ont récemment rendu publics les résultats de leur étude de réactualisation de l'estimation du coût social du bruit en France[1] (147,1 milliards d'euros par an dans l'étude publiée en 2021 contre 57,4 Md€/an dans celle[2] publiée en 2016), Bruitparif a travaillé à la déclinaison francilienne de ce chiffrage, en appliquant et adaptant la méthodologie mise en œuvre au niveau national, aux dernières données disponibles en Île-de-France en termes d'estimation des expositions au bruit des transports[3] et de perception des nuisances sonores par les Franciliens[4] ou encore en utilisant des hypothèses spécifiquement adaptées au contexte francilien.

Cette étude vient ainsi réactualiser la première estimation[5] de 16,2 Md€/an qui avait été établie par Bruitparif en 2016 et qui représentait 28% du chiffrage national de 2016, sur la base des nouvelles connaissances et des nouvelles données et études disponibles, en élargissant le champ de l'analyse à une nouvelle source de bruit (les chantiers), à de nouveaux effets sanitaires (hypertension, obésité, diabète de type 2, troubles psychologiques, déficit auditif) et à un nouveau poste de coûts (dépenses liées à la lutte contre le bruit).

1.2 CONTEXTE FRANCILIEN

L'Île-de-France, région capitale, compte environ 12 millions d'habitants[6], soit 18,8% de la population française métropolitaine sur seulement 2,2% (soit 12 011 km²) du territoire national. Les habitants résident principalement (pour 89% d'entre eux) dans l'agglomération parisienne qui se caractérise par sa très forte densité de population (3791 hab./km²). La région Île-de-France représente en outre 23% des emplois en France et 30% du PIB et se distingue par son attractivité et sa visibilité à l'échelle internationale.

L'exposition au bruit en Île-de-France est en grande partie induite par les infrastructures de transport qui présentent un développement et une concentration exceptionnels :

- Premier réseau routier de France avec plus de 40 000 km de routes (dont plus de 1 000 km d'autoroutes et de voies rapides) ;
- Un réseau de transports collectifs de premier plan, avec notamment plus de 1 800 km de voies ferrées et 10 500 bus, permettant de transporter 32 milliards de voyageurs x kilomètres chaque année ;
- Un système aéroportuaire unique en Europe avec deux aéroports internationaux (Paris-Charles de Gaulle (Paris-CdG) et Paris-Orly), qui génèrent à eux seuls plus de 737 000[7] mouvements (505 380 pour Paris-CDG en 2019 et 232 352 pour Paris-Orly en 2018) ainsi que vingt-cinq autres aérodromes - civils, militaires ou privés - dont l'aéroport du Bourget (53 686 mouvements en 2019) et l'héliport de Paris-Issy-les-Moulineaux (nombre de mouvements plafonné à 12 000 par an) (source des données de trafic : ADP, DGAC, 2018 et 2019).

---

[1] ADEME, I CARE & CONSULT, ÉNERGIES DEMAIN, DOUILLET Maia, SIPOS Gala, DELUGIN Léna, BULLIOT Benoît, REMONTET Lucas, BIDAULT Elsa. 2021. Estimation du coût social du bruit en France et analyse de mesures d'évitement simultané du bruit et de la pollution de l'air. 80 pages. Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/

[2] ADEME, EY. 2016. Analyse bibliographique des travaux français et européens – le coût social des pollutions sonores.

[3] Source : https://www.bruitparif.fr/exposition-au-bruit/

[4] Source : CRÉDOC, BRUITPARIF, 2017. Qualité de vie et nuisances sonores : opinion et comportements des Franciliens.

[5] Bruitparif, 2016. Note de synthèse sur le coût social du bruit en Île-de-France.

[6] Population francilienne en 2015, source INSEE

[7] Chiffres d'avant la crise sanitaire.

La région Île-de-France compte également de nombreuses activités industrielles, touristiques et commerciales. Par ailleurs, du fait de la densité élevée de population et de l'habitat concentré, le voisinage constitue également une source fréquente de nuisances sonores.

Dans un contexte de forte transformation de la région Île-de-France avec de nombreux programmes d'aménagement en lien notamment avec la construction du Grand Paris Express, la maîtrise de l'environnement sonore devient un enjeu central pour la qualité de vie et la santé des Franciliens.

Selon les résultats de l'enquête[8] Crédoc/Bruitparif publiée en 2017, trois quarts des Franciliens (76%) se déclaraient ainsi préoccupés par les nuisances sonores (25% tout à fait préoccupés et 51% plutôt préoccupés), 54% se disaient gênés par le bruit à domicile, cette gêne allant croissante avec le degré d'urbanisation (42% en Seine-et-Marne et 62% à Paris). Un Francilien sur trois jugeait que le bruit était un inconvénient majeur lié au fait de résider en Île-de-France et une personne sur quatre disait même avoir déjà pensé à déménager à cause du bruit (24%). Le bruit apparaissait ainsi comme la deuxième nuisance environnementale citée par les Franciliens, derrière la pollution atmosphérique.

L'enjeu de santé et de qualité de vie que représentent la préservation de la qualité de l'environnement sonore et la lutte contre le bruit ne peut aujourd'hui plus être occulté. On observe ainsi d'année en année une amélioration des connaissances portant sur les effets du bruit sur la santé dans la littérature internationale, ainsi qu'un accroissement de la prise en considération de la problématique liée au bruit. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a par exemple publié en octobre 2018 des recommandations[9] en matière d'exposition au bruit dans l'environnement qui s'appuient sur une revue des publications scientifiques jusqu'en 2014. Les conséquences du bruit sur la santé ne sont aujourd'hui plus à démontrer : elles regroupent les effets sur l'audition (fatigue auditive, perte d'audition temporaire ou définitive, acouphènes, hyperacousie) qui sont généralement le fait d'expositions, en milieu professionnel ou lors des loisirs, à des niveaux sonores élevés (supérieurs à 80 dB(A)) ou répétés, ainsi que de nombreux effets extra-auditifs (perturbations du sommeil, du système endocrinien, maladies cardiovasculaires, gêne, troubles anxiodépressifs, difficultés de concentration et d'apprentissage...) qui peuvent se manifester pour des expositions à des niveaux de bruit plus modérés, comme c'est généralement le cas avec le bruit généré dans l'environnement.

Le bruit est en outre une nuisance qui renforce les inégalités sociales car les personnes qui ont les revenus les plus faibles sont davantage concernées par le bruit à domicile du fait de leurs conditions de logements (petits logements ou immeubles collectifs mal isolés, proximité d'infrastructures ou d'installations bruyantes). Les personnes qui ont les revenus les plus modestes sont également souvent celles aussi qui ont des conditions de travail les plus bruyantes (ateliers, usines, travaux publics). On assiste ainsi à un cumul d'exposition au bruit au domicile et sur le lieu de travail pour ces personnes. Le bruit a également tendance à générer un phénomène de paupérisation de certains quartiers, les populations les plus aisées ayant plus de facilités à se soustraire au bruit en déménageant.

Il apparaît donc crucial d'intégrer la prise en compte en amont des enjeux posés par le bruit dans toutes les politiques régionales d'aménagement, de déplacement, de développement économique afin de favoriser un urbanisme durable offrant des environnements sonores apaisés et de qualité aux Franciliens.

Pour cela, la mesure du coût social du bruit permet de définir des valeurs économiques pouvant servir de référence dans l'évaluation conjointe des coûts et bénéfices (ou analyse coûts-bénéfices) des politiques visant à réduire le bruit. Il s'agit d'actions portant sur la diminution du bruit à la source (véhicules, motorisation, gestion des trafics et des vitesses de circulation, aménagements de voies, mise en œuvre de revêtements routiers anti-bruit...), d'actions agissant sur la propagation du bruit (création de murs ou de merlons anti bruit par exemple), de mesures de traitement (isolation de façades) ou encore d'actions de sensibilisation des citoyens. En effet, il est important de pouvoir mettre en regard le coût de ces actions avec les bénéfices qu'elles peuvent apporter à la société, afin d'informer les décideurs sur l'intérêt de leur mise en œuvre. Les bénéfices correspondent alors aux coûts évités des nuisances sonores.

[8] *CRÉDOC, BRUITPARIF, 2017. Qualité de vie et nuisances sonores : opinion et comportements des Franciliens.*
[9] *WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.*

1.3 DÉFINITION DU COÛT SOCIAL DU BRUIT

De manière générale, les pollutions et nuisances quelles qu'elles soient (pollution atmosphérique, tabagisme, bruit…) peuvent induire des « externalités négatives », ou impacts négatifs qui ne font pas l'objet d'une transaction de marché, et ne sont donc pas compensés. Il est en ce sens important de calculer le coût social de ces externalités, c'est-à-dire de donner une valeur monétaire à l'ensemble des impacts générés par ces nuisances ou pollutions, pour l'ensemble des agents économiques de la société, afin d'en évaluer la portée.

Dans la suite de ce rapport, nous désignons par le terme coût social du bruit l'ensemble des coûts subis par la société à cause de la pollution sonore en tant qu'externalité de certaines activités : les transports, l'activité professionnelle ou scolaire, la construction, ainsi que les particuliers et activités dans le voisinage.

Ces externalités sont classifiées en deux types de coûts : d'une part les coûts marchands, qui concernent les dépenses tangibles et effectuées par la société sous une forme monétaire, et d'autre part les coûts non marchands, qui sont de manière générale non monétarisés et par conséquent non tangibles, c'est-à-dire dont on ne mesure pas directement la valeur en euros.

1.4 STRUCTURATION DU RAPPORT

Les parties 2 à 5 du présent rapport détaillent les méthodologies de calcul pour les différents types de coûts qui forment le coût social, et les estimations qui en résultent. Les parties 2 à 4 sont consacrées respectivement aux trois grandes familles de sources de bruit : les transports (routier, ferroviaire et aérien), le voisinage (bruit des particuliers, des activités ou des chantiers dans le voisinage) et enfin le lieu de travail ou d'étude, alors que la partie 5 traite des dépenses transversales de lutte contre le bruit.

La partie 6 propose quant à elle une restitution globale de la manière dont le coût social du bruit en Île-de-France se trouve ventilé en fonction des différentes sources de bruit et des effets induits. Elle analyse également la part que représente la région Île-de-France dans le chiffrage effectué au niveau national, présente les facteurs d'explication de la forte augmentation du chiffrage du coût social du bruit constaté entre les études de 2016 et de 2021 et revient sur les principales limites et incertitudes qui pèsent sur les estimations produites.

2 BRUIT DES TRANSPORTS

La première source de bruit en Île-de-France est le transport, notamment routier mais aussi ferroviaire et aérien. Le présent chapitre détaille la méthode d'estimation et les résultats relatifs au chiffrage du coût social du bruit des transports à l'échelle régionale.

2.1 EXPOSITION

Le bruit lié aux transports fait l'objet de la directive européenne du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement (directive 2002/49/CE). Celle-ci demande aux pays membres de l'Union Européenne de réaliser des cartes stratégiques de bruit (CSB) et de mettre en place des plans d'actions (appelés plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) en France), afin de prévenir et de réduire le bruit lorsque cela est nécessaire.

2.1.1 Méthodologie d'estimation

La détermination de l'exposition au bruit des transports en Île-de-France, exprimée en nombre de personnes exposées au bruit par intervalle de 5 dB(A) pour les indicateurs Lden et Lnight (voir définitions ci-dessous), a pu être effectuée à partir des données issues des cartes stratégiques de bruit[10] élaborées et publiées dans le cadre de la troisième échéance de la directive 2002/49/CE. Ces cartes stratégiques du bruit ont été produites de manière distincte pour les 14 grandes agglomérations concernées par la directive européenne en Île-de-France et pour les grandes infrastructures[11]. Les cartes concernant les 14 grandes agglomérations ont été produites par Bruitparif et présentent les niveaux de bruit à partir de 45 dB(A) selon l'indicateur Lden et de 40 dB(A) selon l'indicateur Lnight. Les décomptes des populations exposées au sein de ces agglomérations ont donc pu être faites directement à partir du croisement sous un système d'information géographique (SIG) de ces cartes avec les données des populations affectées à chaque bâtiment (telles qu'issues de la couche *densibati* mise à disposition de Bruitparif par l'Institut Paris Region). En dehors de ces agglomérations, des données issues des statistiques publiées pour les grandes infrastructures ont été structurées par Bruitparif par département à partir des données disponibles sur la plateforme EIONET[12], en prenant soin de ne pas prendre en compte les données concernant les grandes infrastructures dans leur partie agglomération afin d'éviter des doubles comptes.

L'estimation des expositions au bruit des transports a été effectuée en utilisant les indicateurs harmonisés au niveau européen que sont les indicateurs Lden et Lnight :

- Lden représente le niveau sonore moyen pondéré sur une période de 24h, évalué sur une année. Il s'agit d'une moyenne pondérée des indicateurs Lday, Levening et Lnight qui correspondent respectivement aux niveaux sonores moyens équivalents sur une année pour le jour, la soirée, et la nuit, en appliquant des majorations de +5 dB(A) au Levening et +10 dB(A) au Lnight. Cette pondération permet de tenir compte de la sensibilité plus forte des populations au bruit lorsque celui-ci se produit en soirée ou la nuit par rapport à la période de jour.
- Les indicateurs Lday, Levening et Lnight sont quant à eux évalués sur une période spécifique : le jour (6h-18h), la soirée (18h-22h) et la nuit (22h-6h), et correspondent aux niveaux sonores moyens équivalents respectivement sur ces périodes, exprimés en décibels pondérés selon le filtre A, afin de

[10] Celles-ci sont disponibles au sein de la plateforme cartographique du bruit à l'échelle régionale mise en place par Bruitparif : http://carto.bruitparif.fr

[11] Les grandes infrastructures sont les voies routières dont le trafic est supérieur à 3 millions de véhicules par an, les voies ferrées dont le trafic est supérieur à 30 000 trains par an et les aéroports (non militaires) qui comptent plus de 50 000 mouvements par an.

[12] La plateforme EIONET recense à l'échelle européenne toutes les statistiques d'exposition au bruit qui sont remontées par les Etats membres en application de la directive européenne 2002/49/CE.

tenir compte des variations de la sensibilité auditive en fonction des différentes fréquences (i.e. à même intensité sonore, l'oreille humaine percevra mieux les fréquences medium autour de 1000-4000 Hz que les fréquences graves (<250 Hz) ou très aigues).

L'OMS a défini, pour chaque source de bruit de transports, des valeurs de recommandation en matière d'exposition au bruit exprimées selon ces indicateurs Lden et Lnight. Ces recommandations doivent être considérées comme des objectifs de qualité à atteindre pour éviter les effets néfastes du bruit sur la santé des populations qui y sont exposées.

La France, en application de la directive 2002/49/CE, a également défini des valeurs limites réglementaires pour chaque source de bruit des transports, qui correspondent aux niveaux d'exposition au bruit à partir desquels le gestionnaire de l'infrastructure ou la collectivité doit planifier et mettre en œuvre des actions de réduction de l'exposition au bruit.

Indicateur de niveau sonore	Source de bruit	Recommandations de l'OMS	Valeurs limites réglementaires prises par la France[13]
Lden	Trafic routier	53	68
	Trafic ferroviaire	54	73 (pour les voies ferrées conventionnelles) 68 (pour les lignes à grande vitesse)
	Trafic aérien	45	55
Lnight (ou Ln)	Trafic routier	45	62
	Trafic ferroviaire	44	65 (pour les voies ferrées conventionnelles) 62 (pour les lignes à grande vitesse)
	Trafic aérien	40	50[14]

Figure 1 : Valeurs recommandées et règlementaires pour Lden et Lnight, par mode de transport.

2.1.2 Résultats

Il ressort de ce travail de décompte des populations exposées au bruit que :

- 10,1 millions de Franciliens sont considérés comme potentiellement exposés au bruit du trafic routier à des niveaux sonores estimés en façade de leur logement qui excèdent 45 dB(A) selon l'indicateur Lden. Parmi ceux-ci, de l'ordre de 8,7 millions d'individus seraient affectés par le bruit du trafic routier à des niveaux sonores qui excèdent la valeur recommandée par l'OMS de 53 dB(A) selon l'indicateur Lden. Sur cette population, 2,3 millions d'individus sont exposés à de forts niveaux sonores dépassant 65 dB(A) toujours selon l'indicateur Lden. Près de 1,2 million de Franciliens seraient même en situation de dépassement de la valeur limite réglementaire de 68 dB(A) selon l'indicateur Lden. Le phénomène est d'une ampleur comparable en période nocturne : 8,3 millions de Franciliens seraient potentiellement exposés de nuit à des niveaux qui excèdent la valeur recommandée par l'OMS (45 dB(A)) pour cette période. Parmi ceux-ci, 2,7 millions sont exposés à des niveaux nocturnes dépassant 55 dB(A) dont plus de 500 000 au-dessus de la valeur limite réglementaire fixée à 62 dB(A) pour le bruit routier sur la période nocturne.
- Le bruit du trafic ferroviaire est d'une ampleur moindre, mais concerne tout de même près de 3,7 millions d'individus avec des niveaux sonores estimés en façade de leur logement qui excèdent 45 dB(A) selon l'indicateur Lden. Parmi ceux-ci, environ 1,8 million d'individus seraient affectés par le bruit du trafic ferroviaire avec des niveaux sonores qui excèdent la valeur recommandée par l'OMS de 54 dB(A) selon l'indicateur Lden. Sur cette population, de l'ordre de 360 000 personnes seraient exposées à de forts niveaux, supérieurs à 65 dB(A). Près de 70 000 Franciliens seraient même en situation de dépassement de la valeur limite réglementaire de 73 dB(A) selon l'indicateur Lden. Le phénomène serait d'une ampleur encore plus importante en période nocturne : 2,5 millions d'individus seraient ainsi exposés de nuit à des niveaux qui excèdent la valeur recommandée par

[13] *Voir l'article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006 : https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006053526/*
[14] *Valeur limite en cours d'introduction dans la réglementation à la date de publication de ce rapport.*

l'OMS de 44 dB(A) pour cette période. Parmi ceux-ci, près de 670 000 seraient exposés à des niveaux nocturnes qui dépassent 55 dB(A) dont 100 000 au-dessus de 65 dB(A) qui correspond à la valeur limite réglementaire pour le bruit ferroviaire (voies conventionnelles) la nuit.

- Le bruit dû au trafic aérien toucherait quant à lui plus de 1,9 million d'individus sur le territoire régional, ces personnes étant exposées à des niveaux sonores situés au-dessus de 45 dB(A) selon l'indicateur Lden qui correspond à la recommandation de l'OMS. Environ 376 200 Franciliens seraient exposés à des niveaux considérés comme critiques car étant supérieurs à 55 dB(A) selon l'indicateur Lden (seuil retenu pour la délimitation des plans de gêne sonore autour des grands aéroports, au sein desquels les logements éligibles peuvent prétendre à l'aide à l'insonorisation). 1,2 million d'individus sont également concernés par des nuisances sonores aériennes nocturnes qui excèdent la valeur recommandée par l'OMS (40 dB(A)) dont près de 105 000 par des niveaux qui excèdent la valeur limite nocturne (50 dB(A)).

Nombre de personnes potentiellement exposées au bruit des transports en Île-de-France

LDEN

Lden exprimé en dB(A)	Route Population (habitants)	Route Population (%)	Fer Population (habitants)	Fer Population (%)	Air Population (habitants)	Air Population (%)
< 45	1 986 114	16,4	8 417 043	69,7	10 169 416	84,2
[45-50[	507 178	4,2	1 029 255	8,5	950 284	7,9
[50-55[	1 520 642	12,6	998 164	8,3	584 112	4,8
[55-60[	3 454 374	28,6	819 154	6,8	296 689	2,5
[60-65[	2 293 180	19,0	454 805	3,8	70 432	0,6
[65-70[	1 797 284	14,9	232 832	1,9	8 748	0,1
[70-75[	489 913	4,1	98 512	0,8	380	0,0
≥ 75 en dB(A)	31 376	0,3	30 296	0,3	0	0,0
Total population	12 080 061	100	12 080 061	100	12 080 061	100
Population en situation de dépassement des valeurs limites réglementaires *(68 dB(A) route, 73 dB(A) fer, 55 dB(A) air)*	1 240 203	10,3%	69 701	0,6%	376 249	3,1%

LN

Ln exprimé en dB(A)	Route Population (habitants)	Route Population (%)	Fer Population (habitants)	Fer Population (%)	Air Population (habitants)	Air Population (%)
< 40	2 426 380	20,1	8 765 353	72,6	10 877 863	90,0
[40-45[	1 328 243	11,0	1 024 267	8,5	611 966	5,1
[45-50[	3 327 621	27,5	933 764	7,7	485 412	4,0
[50-55[	2 264 297	18,7	690 325	5,7	97 841	0,8
[55-60[	1 930 410	16,0	379 566	3,1	6 816	0,1
[60-65[	737 209	6,1	186 447	1,5	163	0,0
[65-70[	60 543	0,5	81 345	0,7	0	0,0
≥ 70	5 358	0,0	18 994	0,2	0	0,0
Total population	12 080 061	100	12 080 061	100	12 080 061	100
Population en situation de dépassement des valeurs limites réglementaires *(62 dB(A) route, 65 dB(A) fer, 50 dB(A) air)*	508 226	4,2%	100 339	0,8%	104 820	0,9%

Figure 2 : Décompte des populations potentiellement exposées au bruit des transports en Île-de-France

2.2 COÛTS SANITAIRES

Dans la partie qui suit sont décrits les coûts sanitaires liés au bruit des transports, distingués en deux catégories : les coûts sanitaires non marchands liés aux effets négatifs du bruit des transports sur la santé humaine (pertes de bien-être et mortalité prématurée), et les coûts sanitaires marchands qui correspondent aux coûts directs générés en termes de soins ou de consommation de médicaments.

2.2.1 Coûts sanitaires non marchands

Pour l'évaluation des coûts sanitaires non marchands liés au bruit des transports, seuls les effets sanitaires pour lesquels une relation de cause à effet a été démontrée par la littérature ont été pris en compte, à savoir :

- La gêne ;
- Les perturbations du sommeil ;
- Les maladies cardiovasculaires qui regroupent les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux, l'hypertension ;
- Les difficultés d'apprentissage (qui sont considérées par l'OMS comme un effet sanitaire) ;
- Les troubles métaboliques (l'obésité et le diabète de type 2) ;
- Les troubles anxiodépressifs.

Pour la gêne, les perturbations du sommeil, et dans une moindre mesure les maladies cardiovasculaires et les difficultés d'apprentissage, il existe une littérature assez dense et un consensus assez important autour de la significativité des liens entre le bruit des transports et ces effets sanitaires. En revanche, pour les autres effets sanitaires (l'obésité, le diabète et les troubles anxiodépressifs), il existe encore peu de travaux académiques sur les risques en lien avec l'exposition au bruit, et par conséquent peu de consensus. C'est pourquoi, sur ces derniers coûts, les résultats présentés dans cette étude sont à manipuler avec précaution et sont à considérer comme de robustesse plutôt faible à moyenne.

Tous les effets retenus sont des effets qualifiés d'extra-auditifs. En effet, les effets sur l'audition n'ont pour leur part pas été quantifiés pour le bruit des transports car ces effets se manifestent généralement lors d'une exposition prolongée à des niveaux sonores supérieurs à 80 dB(A), niveau rarement atteint en situation d'exposition au bruit des transports.

Les coûts des effets sanitaires non marchands ont pu être estimés à partir d'une méthodologie en quatre étapes :

1. Les données issues des cartes stratégiques du bruit ont permis d'estimer le nombre de personnes exposées par plage de 5 dB(A), à partir de 45 dB(A) pour l'indicateur Lden, et à partir de 40 dB(A) pour l'indicateur Lnight.
2. Parmi les personnes exposées au bruit, le nombre de personnes affectées pour chaque effet sanitaire a ensuite pu être estimé de deux manières différentes selon les effets :
   - Soit directement à partir de courbes dose-réponse (ou relation dose-effet, selon les terminologies) qui établissent un risque absolu en fonction d'une exposition exprimée selon les indicateurs Lden ou Lnight (méthode appliquée pour la gêne, les perturbations du sommeil et en partie pour les difficultés d'apprentissage) ;
   - Soit à partir des valeurs d'augmentation du risque relatif en fonction de l'augmentation de l'exposition au bruit (méthode appliquée pour les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux, l'hypertension ainsi que pour l'obésité et le diabète) ou encore à partir de la connaissance du rapport de cotes (odd ratios) (méthode appliquée pour l'anxiété et la dépression). À partir du risque relatif ou de l'odd ratio, et du risque global pour la population générale disponible dans les données de l'Assurance Maladie, il a été possible d'estimer la fraction de personnes affectées attribuable à l'effet du bruit.
3. À l'aide d'un facteur d'incapacité DW (disability weight), défini par l'OMS[15] ou l'OCDE[16] et décrivant la part d'une année de vie en bonne santé (DALY – disability adjusted life year) perdue à cause de l'effet sanitaire considéré sur une année, il est possible de déduire du nombre de personnes affectées, le nombre d'années de vie en bonne santé perdues à cause de cet effet.

[15] *WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.*
[16] *OECD, 2019. Economics of Prevention: Final Report - Estimating the Economic Burden Associated with High Body Mass Index and Harmful Alcohol Use.*

4. Enfin, le nombre d'années de vie en bonne santé perdues peut être monétarisé à l'aide de la valeur d'une année de vie en bonne santé de 132 000 € en 2020, telle qu'issue des travaux de la Commission Quinet[17].

Nous présentons ci-après pour chaque effet sanitaire considéré, le mécanisme en œuvre, la méthode d'estimation retenue ainsi que les résultats obtenus.

2.2.1.1 Gêne

Mécanisme

Selon l'OMS, la gêne peut se définir comme *« une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu (ou le groupe) reconnaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé »*[18].

La gêne due au bruit est une sensation de désagrément venant perturber les activités de tous les jours et entraînant rapidement irritation, fatigue puis épuisement et souffrances psychophysiologiques pouvant à leur tour susciter des réponses négatives telles que la colère, l'agressivité. Chaque individu a sa propre perception du bruit. Le trouble qu'il ressent est le résultat de facteurs liés au bruit enduré (intensité sonore, émergence par rapport au bruit de fond, répétitivité du bruit, spectre, durée) mais également de facteurs contextuels et individuels tels que la période de la journée pendant laquelle le bruit survient, le caractère subi ou choisi du bruit, l'image positive ou non que la personne a de la source sonore, son histoire personnelle et ses habitudes socio-culturelles, son âge... Le bruit non choisi engendre, chez celui qui le subit sans pouvoir le faire cesser, un état hautement perturbant. S'il se prolonge, il devient une source de stress[19] important susceptible d'entraîner une dégradation rapide du comportement et de leur santé physique et mentale à plus ou moins long terme.

Méthodologie

Afin de caractériser la gêne, les études sont effectuées à l'aide de questionnaire à la fois en laboratoire et en situation réelle. Les nombreuses enquêtes réalisées *« ont montré pour la plupart qu'il est difficile de fixer le niveau précis où commence l'inconfort et ont souligné le caractère variable du lien existant entre les indicateurs de gêne et l'intensité physique du son »*[20,21]. Toutefois, l'OMS a pu établir, à partir de l'exploitation des diverses études scientifiques publiées sur le sujet, les relations présentées dans la figure 3 entre gêne déclarée et niveaux d'exposition selon l'indicateur Lden. Le programme national de recherche DEBATS[22] a en outre permis de disposer d'une courbe dose-réponse pour la gêne liée au bruit du trafic aérien adaptée à la population française puisque l'étude a été menée autour de trois aéroports français (Paris-CDG, Toulouse-Blagnac et Lyon Saint Exupéry). Cette courbe a été retenue pour le calcul du coût social liée à la gêne associée au bruit aérien dans la présente étude. On notera qu'à niveau d'exposition équivalent (selon l'indicateur Lden), le trafic aérien génère un taux de gêne déclarée supérieur au trafic ferroviaire, lui-même générant un taux supérieur à celui du trafic routier.

L'estimation du nombre de personnes fortement gênées par le bruit des transports a été déterminée en utilisant les **courbes dose-réponse publiées par l'OMS[23] pour ce qui relève du bruit du trafic routier et du bruit ferroviaire et celle issue du programme national de recherche DEBATS[24] pour ce qui relève du bruit aérien**. Celles-ci fournissent un taux de personnes qui sont susceptibles de se déclarer fortement

[17] *Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013. Évaluation socioéconomique des investissements publics.*
[18] *OMS (1980) Le bruit, critère d'hygiène de l'environnement. OMS, No. n°12, Genève.*
[19] *Babisch, W. (2002). The noise/Stress concept, risk assessment and research needs. Noise Heath, 4, 1-11.*
[20] *Miedema H, Oudshoorn C. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. Environ Health Perspect. 2001;109(4):409.*
[21] *Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES). Évaluation des impacts sanitaires extra-auditifs du bruit environnemental. Maisons-Alfort 2013.*
[22] *Voir http://debats-avions.ifsttar.fr/*
[23] *WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.*
[24] *Lefèvre, M. C. (2020). Understanding the relationship between air traffic noise exposure and annoyance in populations living near airports in France. Environment International.*

gênées par le bruit de la source considérée en fonction de l'exposition évaluée selon l'indicateur Lden. Pour les équations détaillées, nous invitons le lecteur à se reporter à l'annexe.

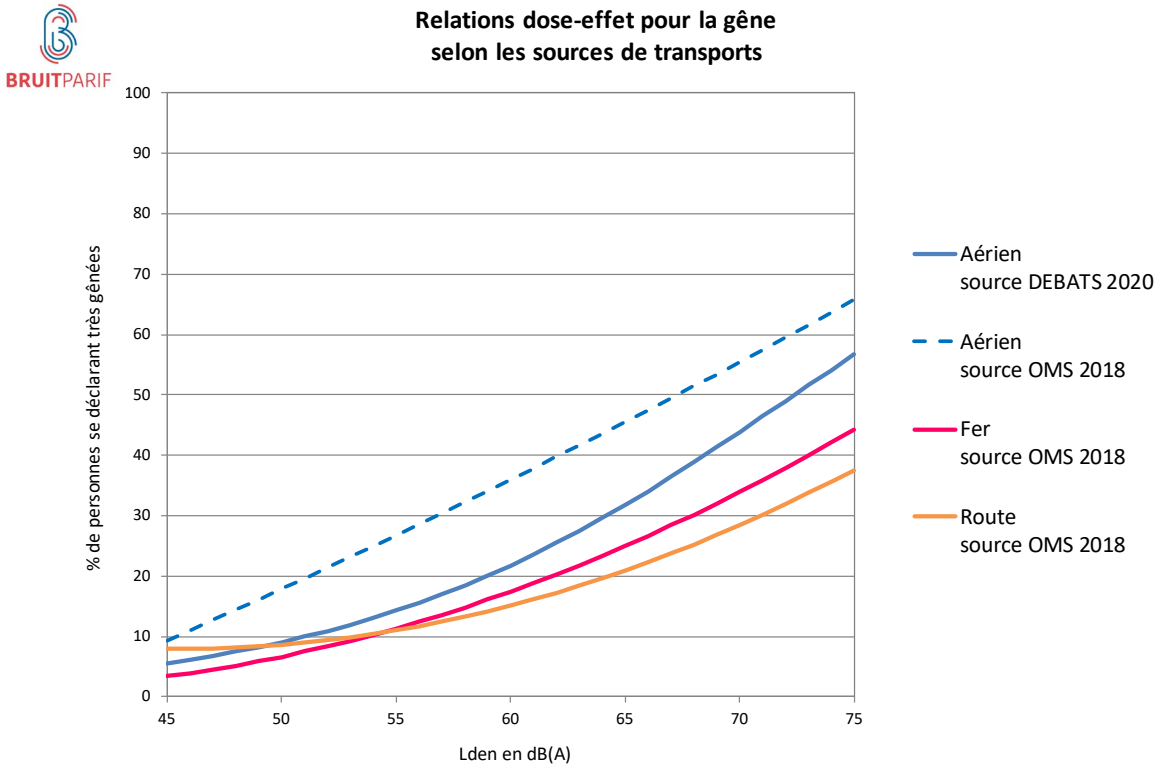

Figure 3 : Courbes dose-réponse utilisées pour la gêne liée au bruit des transports

Résultats

Il résulte de l'application de ces courbes dose-réponse au décompte des populations exposées au bruit des transports en Île-de-France que **le nombre de Franciliens affectés par une forte gêne due au bruit des transports est de l'ordre de 2 330 000 personnes**, selon la décomposition suivante :

- près de 1 650 000 pour le bruit du trafic routier ;
- environ 470 000 pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 210 000 pour le bruit du trafic aérien.

Par application du facteur d'incapacité associé à la gêne de 0,02 selon l'OMS, **la gêne liée au bruit des transports serait ainsi responsable en Île-de-France d'environ 46 600 années de vie en bonne santé perdues (DALY) par an**, selon la décomposition suivante :

- près de 33 000 DALY par an pour le bruit du trafic routier ;
- environ 9 400 DALY par an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 4 200 DALY par an pour le bruit du trafic aérien.

Après multiplication par la valeur d'une année de vie en bonne santé, on obtient un coût de **6,151 Md€/an pour la gêne liée au bruit des transports**, se décomposant en :

- 4,355 Md€/an pour le bruit du trafic routier ;
- 1,244 Md€/an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 0,553 Md€/an pour le bruit du trafic aérien.

La gêne liée au bruit des transports représente ainsi une **perte moyenne de 0,32 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **42 600 € en moyenne** se décomposant en :

- 30 200 € pour le bruit du trafic routier ;
- 8 600 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 3 800 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs où les niveaux de bruit sont compris **entre les valeurs recommandées par l'OMS et les valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait de la forte gêne atteint :

- 0,26 année, soit 34 800 € pour le bruit du trafic routier ;
- 0,30 année soit 40 100 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 0,15 année, soit 19 400 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs de **dépassement des valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait de la forte gêne atteint :

- 0,47 année, soit 62 300 € pour la gêne liée au bruit routier ;
- 1,02 année soit 134 800 € pour la gêne liée au bruit ferré ;
- 0,33 année soit 43 900 € pour la gêne liée au bruit aérien.

2.2.1.2 Perturbations du sommeil

Mécanisme

Le sommeil est un phénomène biologique essentiel pour maintenir le fonctionnement optimal du corps humain, son niveau de vigilance et le bien-être.

Le bruit peut altérer tant la durée que la qualité du sommeil en générant différents troubles : retard à l'endormissement, augmentation du nombre et de la durée des éveils nocturnes conscients ou inconscients, réduction de la durée totale du sommeil, modifications des différentes phases du sommeil avec une diminution du sommeil lent profond qui est le plus réparateur et des phases de sommeil paradoxal.

Un sommeil de mauvaise qualité peut avoir à court terme de graves répercussions sur la vie quotidienne en entraînant somnolence, baisse de l'attention et des performances et en exposant ainsi les personnes à des risques plus importants d'avoir un accident de la route ou du travail.

Mais il a également des répercussions importantes sur le long terme[25,26,27,28,29]. En effet, l'exposition nocturne au bruit provoque des réactions physiologiques d'activation du système nerveux autonome se traduisant par une accélération de la fréquence cardiaque, l'augmentation de la pression artérielle, des perturbations endocriniennes et métaboliques (diminution de la tolérance au glucose, augmentation de l'appétit et modifications de la sécrétion du cortisol). Ces anomalies aiguës peuvent, par leur répétition, avoir des conséquences chroniques sur le mécanisme métabolique (surpoids, diabète de type 2) ainsi que sur le système cardiovasculaire, et entraîner une élévation du risque de survenue d'infarctus du myocarde.

Il est important de noter que sur le plan des réponses autonomes biologiques du corps, il n'existe pas de phénomène d'adaptation complète au bruit avec le temps[30,31], et ce, quel que soit le type de bruit. Le stress physiologique perdure de manière répétitive, même pour les individus qui déclarent s'y être accoutumés.

---

[25] *Muzet A (2007) Environmental noise, sleep and health. Sleep Medicine Reviews 11(2), 135-142.*

[26] *Banks S, Van Dongen HPA, Maislin G, Dinges DF (2010) Neurobehavioral dynamics following chronic sleep restriction: dose-response effects of one night for recovery. Sleep 33(8), 1013-1026.*

[27] *Van Dongen H, Maislin G, Mullington J, Dinges D (2003) The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. Sleep 26(2), 117-126.*

[28] *Spiegel K, Knutson K, Leproult R, Tasali E, Van Cauter E (2005) Sleep loss: a novel risk factor for insulin resistance and Type 2 diabetes. Journal of applied physiology 99(5), 2008-2019*

[29] *Carter N Cardiovascular response to environmental noise during sleep. In '7th International Congress on Noise as a Public Health Problem', 1998, Sydney, Australie.*

[30] *Muzet A, Ehrhart J (1980) Habituation of heart rate and finger pulse responses to noise during sleep. In 'Noise as a Public Health Problem. Vol. ASHA report n°10.' Ed. TJe al.) pp. 401-404: Rockville, Maryland)*

[31] *Vallet M, Gagneux JM, Clairet JM, Laurens JF, Letisserand D (1983) Heart rate reactivity to aircraft noise after a long term exposure. In 'Noise as a public health problem.' Ed. R G) pp. 965-971. (Centro Ricerche E Studi Amplifon: Milano)*

Méthodologie

L'estimation du nombre de personnes fortement perturbées dans leur sommeil par le bruit des transports a été déterminée en utilisant les courbes dose-réponse publiées par l'OMS[32] pour ce qui relève des trois modes de transport (cf. figure 4). Celles-ci fournissent un taux de personnes déclarant être fortement perturbées dans leur sommeil par le bruit de la source considérée en fonction de l'exposition nocturne évaluée selon l'indicateur Lnight. Pour le détail, nous invitons le lecteur à se reporter à l'annexe.

Il convient de noter que les résultats de l'étude DEBATS concernant les perturbations du sommeil n'ont pas pu être intégrées à ce stade dans l'évaluation, car ceux-ci ne sont pas formulés de manière à pouvoir être intégrés facilement dans la méthodologie de calcul des DALY proposée par l'OMS. En effet, dans l'étude DEBATS, c'est la déclaration du niveau de fatigue au réveil qui a été recueillie (et non les perturbations du sommeil déclarées) et il n'existe pas de facteur d'incapacité DW relatif à la fatigue au réveil, ce qui empêche de calculer des DALY associés.

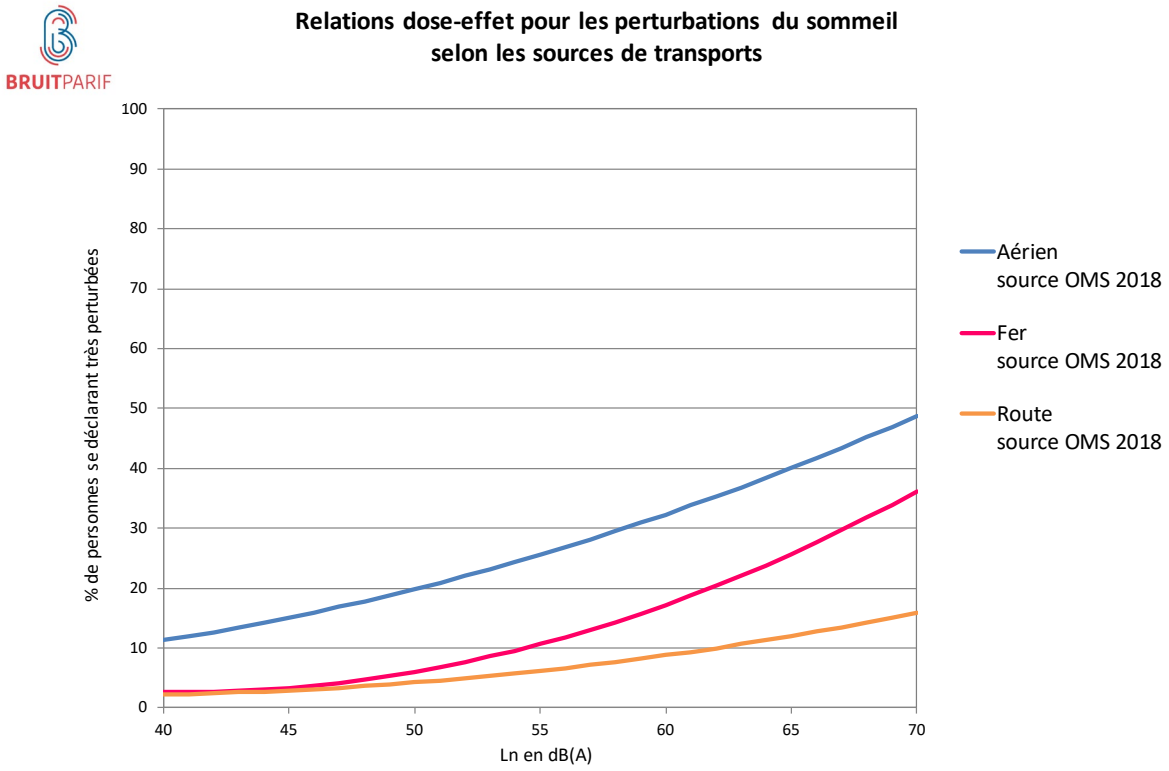

Figure 4 : Courbes dose-réponse utilisées pour les perturbations du sommeil liées au bruit des transports

Résultats

Il résulte de l'application de ces courbes dose-réponse au décompte des populations exposées au bruit des transports en Île-de-France que **le nombre de Franciliens affectés par de fortes perturbations déclarées de leur sommeil du fait du bruit des transports est de l'ordre de 934 000 personnes** :

- environ 495 000 pour le bruit du trafic routier ;
- environ 250 000 pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 188 000 pour le bruit du trafic aérien.

Par application du facteur d'incapacité associé aux perturbations du sommeil de 0,07 selon l'OMS, **les perturbations du sommeil liées au bruit des transports sont responsables en Île-de-France d'environ 65 000 années de vie en bonne santé perdues (DALY) par an**, selon la décomposition suivante :

- près de 35 000 DALY an pour le bruit du trafic routier ;
- près de 18 000 DALY par an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 13 000 DALY par an pour le bruit du trafic aérien.

[32] *WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.*

Après multiplication par la valeur d'une année de vie en bonne santé, on obtient un coût de **8,627 Md€/an pour les perturbations du sommeil liées au bruit des transports**, se décomposant en :
- 4,575 Md€/an pour le bruit du trafic routier ;
- 2,314 Md€/an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 1,738 Md€/an pour le bruit du trafic aérien.

Les perturbations du sommeil liées au bruit des transports représentent ainsi une **perte moyenne de 0,45 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **59 700 € en moyenne** se décomposant en :
- 31 700 € pour le bruit du trafic routier ;
- 16 000 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 12 000 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs où les niveaux de bruit sont compris **entre les valeurs recommandées par l'OMS et les valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait des perturbations du sommeil atteint :
- 0,30 année, soit 40 200 € pour le bruit du trafic routier ;
- 0,30 année soit 40 100 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 0,88 année soit 115 600 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs de **dépassement des valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait des perturbations du sommeil atteint :
- 0,63 année, soit 83 500 € pour le bruit du trafic routier ;
- 1,92 année soit 254 100 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 1,35 année soit 177 900 € pour le bruit du trafic aérien.

2.2.1.3 Maladies cardiovasculaires

Mécanisme

Le bruit active des réactions non spécifiques de stress physiologique qui entraînent une augmentation de la pression sanguine, une modification du rythme cardiaque ainsi que la production d'hormones de stress (adrénaline, cortisol, etc.). En cas d'exposition prolongée au bruit, ces effets de court terme peuvent déboucher sur des effets cardiovasculaires de long terme comme l'hypertension artérielle, un risque accru de faire un infarctus du myocarde ou un accident vasculaire cérébral (AVC) ou encore de développer une cardiopathie ischémique. Ces maladies chroniques peuvent causer une mort prématurée.

Méthodologie

L'estimation du nombre de personnes affectées par une **cardiopathie ischémique** du fait de leur exposition au bruit des transports a été déterminée en utilisant les valeurs d'augmentation du risque relatif (RR) en fonction de l'augmentation de l'exposition au bruit telles que publiées par l'OMS[33] pour chacun des modes de transport : élévation du risque relatif de 8% par augmentation de 10 dB(A) de l'indicateur Lden pour le bruit routier et de 9% pour le bruit ferré et le bruit aérien.

Le nombre de personnes qui souffrent d'un **AVC** du fait de leur exposition au bruit n'a pu être déterminée que pour le **bruit routier**, en utilisant une augmentation du risque relatif de 14% par augmentation de 10 dB(A) du bruit routier selon l'indicateur Lden, telle que publiées par l'OMS[33]. Pour le bruit aérien notamment, les résultats publiés dans le cadre du programme DEBATS[34] ne mettent pas en évidence d'association entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité par accident vasculaire cérébral.

[33] *WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.*

[34] *Evrard AS, Lefèvre M, Baudin C, Nassur AM, Bouaoun L, Bruitparif, Carlier MC, Champelovier P, Giorgis-Allemand L, Kourieh A, Lambert J, Léger D, Laumon B. Bruit des avions et santé des riverains d'aéroport. L'étude nationale Debats. Résultats à l'inclusion. Université Gustave Eiffel (2020). doi: 10.25578/M3JK-R022*

Pour **l'hypertension**, plusieurs publications récentes[33,35,36] ne trouvent pas de lien significatif entre l'exposition au bruit routier ou au bruit ferré et l'hypertension artérielle et cet effet n'a donc pas été retenu pour ces deux modes de transports dans la présente étude, par cohérence avec ce qui a été fait au niveau national. Les résultats obtenus dans le programme national DEBATS, qui confirment l'association trouvée entre l'hypertension artérielle et l'exposition au **bruit aérien** déjà observée dans la méta-analyse conduite par Babisch et Van Kamp en 2009[37] ainsi que dans d'autres études menées à l'international, ont par contre été utilisés pour quantifier le nombre potentiel d'hommes[38] affectés par une hypertension artérielle du fait de leur exposition au bruit aérien. Pour cela, il a été considéré qu'une augmentation du niveau d'exposition au bruit des avions de 10 dB(A) selon l'indicateur Lden était associée à un risque d'hypertension artérielle chez les hommes augmenté de 48%, d'après les résultats publiés dans le cadre du programme DEBATS[39,40].

La **mortalité prématurée du fait de maladies cardiaques ischémiques** a été évaluée exclusivement **pour le bruit routier dans la cadre du chiffrage régional du coût social du bruit**, aucune étude n'étant disponible pour le bruit ferroviaire à ce sujet et les résultats des études produites avant 2014 et portant sur les relations entre mortalité et bruit du trafic aérien ayant été jugées de faible, voire de très faible qualité par l'OMS. On notera toutefois que le chiffrage réalisé au niveau national a utilisé certains résultats trouvés dans l'étude écologique du programme DEBATS[41,42] qui indique un risque de mortalité par maladie cardiaque ischémique plus élevée de 24% pour une augmentation de l'exposition au bruit des avions de 10 dB(A) selon l'indicateur Lden. Toutefois, compte tenu de la difficulté à extrapoler les résultats des études écologiques au niveau individuel, nous avons ici jugé préférable de ne pas utiliser ces résultats. Pour le bruit routier, l'élévation du risque de mortalité par maladie cardiaque ischémique plus élevée de 5% par augmentation de 10 dB(A) de l'exposition au bruit routier selon l'indicateur Lden, telle que publiée par l'OMS[43] a été utilisée.

Résultats

Il résulte de l'application des valeurs d'augmentation du risque relatif de maladies cardiovasculaires en fonction de l'augmentation de l'exposition au bruit des transports que **le nombre de Franciliens affectés par des maladies cardiovasculaires du fait du bruit des transports est de l'ordre de 82 000 personnes**, selon la décomposition suivante :

- environ 2 700 pour le bruit du trafic routier ;
- environ 500 pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 78 800 pour le bruit du trafic aérien.

Par application des coefficients d'incapacité associés aux différentes maladies cardiovasculaires (0,405 pour les cardiopathies ischémiques, 0,316 pour les AVC et 0,117 pour l'hypertension artérielle), **les**

---

[35] van Kamp, I., Simon, S., Notley, H., Baliatsas, C., & van Kempen, E. (2020). Evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of IGCB (N): A scoping review of new evidence. International journal of environmental research and public health, 17(9), 3016.

[36] Pyko, A., Lind, T., Mitkovskaya, N., Ögren, M., Östenson, C. G., Wallas, A., ... & Eriksson, C. (2018). Transportation noise and incidence of hypertension. International journal of hygiene and environmental health, 221(8), 1133-1141.

[37] Babisch W, Kamp Iv. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. Noise Health. 2009;11(44):161-8.

[38] Le programme national DEBATS indique une élévation du risque relatif d'hypertension artérielle en lien avec l'exposition au bruit aérien, uniquement chez les hommes. L'association trouvée chez les femmes n'a pas été jugée statistiquement significative.

[39] Evrard AS, Lefèvre M, Champelovier P, Lambert J, Laumon B. Does aircraft noise exposure increase the risk of hypertension in the population living near airports in France? Occupational and Environmental Medicine 2017;74(2):123-129.

[40] Lefèvre M, Champelovier P, Lambert J, Laumon B, Evrard AS. Niveau tensionnel moyen et risque d'hypertension chez les riverains des aéroports en France. Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire 2018;18: 364-372.

[41] Evrard AS, Bouaoun L, Champelovier P, Lambert J, Laumon B. Does exposure to aircraft noise increase the mortality from cardiovascular disease in the population living in the vicinity of airports? Results of an ecological study in France. Noise Health 2015; 17: 328-36.

[42] Evrard AS, Bouaoun L, Champelovier P, Lambert J, Laumon B. L'exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité par maladie cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports en France ? Environnement, Risques et Santé 2016; 15: 506-514.

[43] WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.

maladies cardiovasculaires liées au bruit des transports sont responsables en Île-de-France d'environ 10 400 années de vie en bonne santé perdues (DALY) par an, selon la décomposition suivante :
- environ 900 DALY par an pour le bruit du trafic routier ;
- environ 200 DALY par an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- environ 9 300 DALY par an pour le bruit du trafic aérien.

Après multiplication par la valeur d'une année de vie en bonne santé, on obtient un coût de **1,369 Md€/an**, se décomposant en :
- 0,123 Md€/an pour le bruit du trafic routier ;
- 0,025 Md€/an pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 1,222 Md€/an pour le bruit du trafic aérien.

Les morbidités associées aux maladies cardiovasculaires liées au bruit des transports représentent ainsi une **perte moyenne de 0,07 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **9 600 € en moyenne** se décomposant en :
- 900 € pour le bruit du trafic routier ;
- 200 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 8 500 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs où les niveaux de bruit sont compris **entre les valeurs recommandées par l'OMS et les valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait des maladies cardiovasculaires atteint :
- 0,01 année, soit 1 000 € pour le bruit du trafic routier ;
- 0,01 année soit 800 € pour le bruit du trafic ferroviaire ;
- 0,32 année soit 42 200 € pour le bruit du trafic aérien.

Pour la population qui vit dans des secteurs de **dépassement des valeurs limites**, cette perte de vie en bonne santé du fait des maladies cardiovasculaires atteint :
- 0,03 année, soit 5 200 € pour les maladies cardiovasculaires liées au bruit du trafic routier ;
- 0,01 année soit 900 € pour les maladies cardiovasculaires liées au bruit du trafic ferroviaire ;
- 1,18 année soit 156 100 € pour les maladies cardiovasculaires liées au bruit du trafic aérien.

À cela, il convient d'ajouter le chiffrage du coût associé aux 496 décès prématurés estimés du fait des cardiopathies ischémiques (notamment infarctus du myocarde) en lien avec l'exposition au bruit routier. En utilisant la valeur statistique de la vie de près de 3,5 M€ pour l'année 2020, fixée par la Commission Quinet[44], le coût de la mortalité prématurée par maladies cardiaques ischémiques du fait de l'exposition au bruit routier en Île-de-France s'élève à 1,735 Md€/an.

2.2.1.4 Difficultés d'apprentissage

Mécanisme

Le bruit en milieu scolaire peut créer des difficultés de compréhension et d'intelligibilité de la parole, et ainsi générer des difficultés dans l'apprentissage de la lecture, des problèmes de mémorisation et de performance scolaire. De plus, l'exposition au bruit au domicile peut perturber le sommeil, entravant ainsi la consolidation des apprentissages et générant de la fatigue, ce qui a des conséquences sur la performance scolaire.

Méthodologie

L'étude RANCH[45] menée autour de trois aéroports importants à Amsterdam, Madrid et Londres a montré qu'il existe une relation linéaire entre l'exposition des enfants au bruit d'avion et les troubles cognitifs dans le domaine de la compréhension de la lecture et de la mémorisation. Celle-ci indique notamment un retard dans les apprentissages de l'ordre de 1 à 2 mois pour une augmentation de l'exposition au bruit

[44] *Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013. Évaluation socioéconomique des investissements publics.*
[45] *Stansfeld, S. B.-B. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. Lancet.*

de 5 dB(A) à partir de 55 dB(A). Cette relation a été appliquée aux enfants scolarisés qui habitent et étudient dans des secteurs soumis au bruit des aéronefs et on obtient ainsi qu'environ 40 000 d'entre eux auraient des difficultés d'apprentissage du fait du bruit aérien.

Les études épidémiologiques disponibles à ce jour manquent encore en ce qui concerne le bruit routier et le bruit ferroviaire. Pour ces deux sources de bruit, nous avons utilisé une méthode d'estimation moins robuste mais similaire à celle qui a été mise en œuvre pour quantifier les difficultés d'apprentissage du fait du bruit généré à l'intérieur des établissements scolaires (voir partie 4.2.1) et qui est basée sur les résultats d'une étude réalisée par Ecophon[46]. D'après cette étude, connaissant le nombre d'enfants scolarisés en Île-de-France, on peut estimer qu'environ 362 000 élèves franciliens connaissent des difficultés de concentration du fait du bruit en classe. En appliquant le fait que selon Ecophon, 41% du bruit en classe provient du bruit extérieur, principalement généré par les transports, on en déduit que 148 000 élèves franciliens ont des apprentissages perturbés du fait du bruit généré sur leur lieu d'enseignement par les transports. Si l'on soustrait la part liée au bruit aérien qui a pu être quantifiée directement (voir ci-dessus), on obtient que 108 000 élèves ont des perturbations des apprentissages du fait du bruit généré sur leur lieu d'enseignement par le trafic routier ou le trafic ferroviaire. La part affectée à chacun des deux modes est ensuite estimée en appliquant les ratios des deux modes de transports dans les fortes expositions au bruit routier et ferré (86,5% pour le trafic routier et 13,5% pour le bruit ferré). Ce calcul aboutit alors à près de 94 000 élèves perturbés dans leurs apprentissages du fait du bruit du trafic routier et près de 15 000 du fait du bruit lié au trafic ferroviaire.

Résultats

De l'ordre de **148 000 enfants scolarisés** (âgés entre 3 et 18 ans) seraient concernés en Île-de-France par des retards dans les apprentissages du fait de leur exposition au bruit des transports (94 000 du fait du bruit routier, 40 000 du fait du bruit aérien et près de 15 000 du fait du bruit ferré), ce qui se traduit par **889 DALY par an** et un coût social estimé de **0,117 Md€/an** compte tenu de la valeur de 0,006 fixé par l'OMS pour le facteur d'incapacité associé au retard dans les apprentissages.

2.2.1.5 Troubles du métabolisme

Mécanisme

Les nuisances sonores peuvent provoquer des réactions non spécifiques de stress physiologique qui entraînent la libération excessive d'hormones telles que le cortisol ou les catécholamines (adrénaline, dopamine) ainsi que d'acides gras libres.

L'augmentation de ces éléments entraîne à leur tour divers effets cardiovasculaires comme l'hypertension artérielle, le risque d'infarctus du myocarde (voir ci-dessus), ainsi que des modifications du métabolisme pouvant engendrer des risques accrus de diabète de type 2 et d'obésité. Qui plus est, le bruit entraîne des perturbations du sommeil qui favorisent à leur tour également la prise de poids.

Méthodologie

Des études scientifiques relatives au rôle de l'exposition au bruit dans la survenue de troubles du métabolisme commencent à être publiées mais elles restent encore isolées.

Concernant l'obésité, une étude parue en 2018[47] indique ainsi une élévation du risque d'**obésité** de 25% par augmentation de 10 dB(A) selon l'indicateur Lden de l'exposition au **bruit routier**, sans trouver de lien significatif avec le bruit ferroviaire ou aérien.

[46] *Ecophon, 2019. L'impact du bruit dans l'enseignement.*

[47] *Foraster, M., Eze, I. C., Vienneau, D., Schaffner, E., Jeong, A., Héritier, H., ... & Probst-Hensch, N. (2018). Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity. Environment international, 121, 879-889.*

Une autre étude[48] parue en 2017 indique quant à elle une élévation du risque de **diabète de type 2** de 35% pour une augmentation de 10 dB(A) de l'exposition au **bruit routier** selon l'indicateur Lden, et de 86% pour une augmentation de 10 dB(A) de l'exposition au **bruit aérien** selon l'indicateur Lden.

Résultats

De l'ordre de **235 000 personnes** seraient concernées en Île-de-France par l'**obésité** en lien avec leur exposition au bruit routier, ce qui se traduit par environ **23 500 DALY par an** et un coût social estimé de **3,105 Md€/an** compte tenu de la valeur de 0,1 qui a été prise pour le facteur d'incapacité associé à l'obésité. Il convient de noter qu'il n'existe pas dans la littérature de valeur du coefficient DW pour l'obésité et qu'elle a été estimée à partir des coefficients DW de différents effets associés à l'obésité. L'obésité liée au bruit routier représente ainsi une **perte moyenne de 0,16 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **21 400 € en moyenne**. Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs où les niveaux de bruit sont compris entre la valeur recommandée par l'OMS et la valeur limite en Lden pour le bruit routier, cette perte de vie en bonne santé du fait de l'obésité induite s'établit en moyenne à 0,18 année, soit 24 400 €. Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs de dépassement de la valeur limite en Lden pour le bruit routier, cette perte de vie en bonne santé atteint 1,13 année soit 148 500 €.

De l'ordre de **13 300 personnes** seraient en outre concernées en Île-de-France par du **diabète de type 2** en lien avec leur exposition au bruit routier (pour 9 300 d'entre elles) ou au bruit aérien (pour 4 000 d'entre elles), ce qui se traduit par environ **650 DALY par an** et un coût social estimé de **0,086 Md€/an** compte tenu de la valeur de 0,049 qui a été prise pour le facteur d'incapacité associé au diabète de type 2.

2.2.1.6 Troubles anxiodépressifs

Mécanisme

L'exposition au bruit a une influence sur la réponse au stress et le bien-être psychologique. Le bruit est par ailleurs considéré comme la nuisance principale chez les personnes présentant un état anxiodépressif.

Méthodologie

Une méta-analyse[49] publiée par Lan en 2020 indique qu'il existerait une élévation de 8% de l'odds ratio relatif à l'anxiété pour une augmentation de 10 dB(A) de l'exposition au bruit routier selon l'indicateur Lden, sans qu'il ne soit trouvé de lien significatif pour le bruit ferré ou le bruit aérien.

Résultats

Il résulte de l'application de l'augmentation de l'odds ratio relatif à l'anxiété avec l'exposition au bruit routier que **72 200 Franciliens** souffriraient d'anxiété du fait du bruit routier, ce qui se traduit par **10 500 DALY par an** (par application d'un facteur d'incapacité fixé à 0,145) et **1,382 Md€/an**. Les troubles anxiodépressifs liés au bruit routier représenteraient ainsi une **perte moyenne de 0,07 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **9 500 € en moyenne**. Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs où les niveaux de bruit sont compris entre la valeur recommandée par l'OMS et la valeur limite en Lden pour le bruit routier, cette perte de vie en bonne santé du fait des troubles anxiodépressifs induits s'établit en moyenne à 0,08 année, soit 11 100 €. Pour la fraction de population qui vit dans des secteurs de dépassement de la valeur limite en Lden pour le bruit routier, cette perte de vie en bonne santé atteindrait 0,48 année soit 63 100 €.

[48] *Eze, I. C., Foraster, M., Schaffner, E., Vienneau, D., Héritier, H., Rudzik, F., ... & Probst-Hensch, N. (2017). Long-term exposure to transportation noise and air pollution in relation to incident diabetes in the SAPALDIA study. International journal of epidemiology, 46(4), 1115-1125.*

[49] *Lan, Y. R. (2020). Transportation noise exposure and anxiety: a systematic review and meta-analysis. Environmental research.*

2.2.2 Coûts sanitaires marchands

En plus des années de vie en bonne santé perdues et de la mortalité prématurée à cause des effets sanitaires du bruit des transports, il existe aussi des coûts liés aux indemnités et au traitement des pathologies induites. Parmi ces coûts sont considérés ici la consommation de médicaments et les hospitalisations, qui sont des coûts financiers supportés par la collectivité à travers l'assurance maladie.

2.2.2.1 Hospitalisation

Les coûts d'**hospitalisatio**n ont été estimés à partir des effets cardiovasculaires : en se basant sur les données de l'Observatoire Suisse de la Santé[50], environ 16% des maladies cardiovasculaires conduisent à une hospitalisation. D'après les données hospitalières de SCANSanté[51], le coût moyen d'une hospitalisation en service de cardiologie est de 4 209 € (en 2018). À partir de l'estimation du nombre de personnes affectées par une maladie cardiovasculaire liée au bruit des transports (cardiopathie ischémique, AVC ou hypertension), qui est d'environ 82 200 personnes (dont 79 000 du fait du bruit aérien et 2 700 du fait du du bruit routier), on peut estimer qu'environ 13 100 personnes sont hospitalisées du fait du bruit des transports, ce qui représente un **coût de 0,055 Md€/an**.

2.2.2.2 Consommation de médicaments

En ce qui concerne la **consommation de médicaments**, la méthode retenue par Bruitparif diffère de celle retenue au niveau national. En effet, au niveau national, seule la consommation d'anxiolytiques en lien avec l'exposition au bruit routier a été estimée à partir des travaux[52] d'Okokon qui démontrent un lien significatif entre le niveau de gêne liée au bruit routier et la consommation d'anxiolytiques (avec un odd ratio égal à 1,41), mais qui ne trouvent pas de lien pour le bruit ferroviaire et le bruit aérien.

Au niveau francilien, le choix a été fait d'utiliser les résultats de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 qui indique que 7% des Franciliens consomment des médicaments à cause du bruit. En appliquant les contributions des différentes sources de bruit de transport dans la forte gêne déclarée à domicile par les Franciliens (40% trafic routier, 3% trafic ferroviaire, 7% trafic aérien), il est alors possible d'estimer le nombre de personnes qui prennent des médicaments du fait du bruit des transports par source de bruit. Le calcul aboutit ainsi aux résultats suivants : environ 340 000 personnes du fait du bruit routier, 25 000 du fait du bruit ferré et 59 000 du fait du bruit aérien. Cela représenterait un **coût total de 5,1 M€[53] par an** (dont 4,1 M€/an pour le bruit routier). Le chiffrage ainsi réalisé par Bruitparif qui porte sur l'ensemble des médicaments consommés du fait de l'exposition au bruit des transports (et non uniquement sur les anxiolytiques en lien avec le bruit routier) est de l'ordre de 8 fois supérieur à ce qui aurait été obtenu (0,7 M€/an) avec l'application de la méthode utilisée à l'échelle nationale.

2.3 COÛTS NON SANITAIRES

Au-delà des effets sur la santé humaine, la littérature démontre que le bruit des transports peut aussi avoir des conséquences économiques, en générant des baisses de productivité et des dépréciations immobilières.

---

[50] *voir : https://www.obsan.admin.ch/fr/indicateurs/MonAM/maladies-cardiovasculaires-taux-de-mortalite-et-taux-dhospitalisation.*

[51] *voir : https://www.scansante.fr/applications/encmco/submit?snatnav=&annee=2018&secteur=dgf&type_activite=ghs&cmd=05&souscmd=&racine=&ghm=05&mbout=dummy&num_selection=05&type_selection=cmd&zip=non*

[52] *Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and psychotropic medication use. Environment international, 119, 287-294.*

[53] *En supposant un coût moyen de 12 €, pour un traitement de 8 semaines.*

2.3.1 Perte de productivité

Mécanisme

Le bruit des transports génère des perturbations du sommeil au domicile, qui peuvent avoir des conséquences indirectes sur la productivité des actifs au travail à cause de la fatigue induite. Les conséquences liées aux autres effets extra-auditifs du bruit des transports sur la productivité au travail, comme par exemple les difficultés de concentration du fait du bruit extérieur généré par les transports sur le lieu de travail, ou encore l'absentéisme dû à un arrêt maladie causé par l'exposition au bruit des transports, n'ont pas pu être quantifiées faute d'hypothèses ou d'études suffisamment robustes.

Méthodologie

L'estimation des coûts du bruit des transports sur la productivité s'est faite à partir de l'hypothèse suivante : pour les personnes actives affectées de perturbations du sommeil, la perte de productivité est d'environ 2,4% selon une étude[54] publiée en 2017.

Résultats

D'après les résultats concernant les effets sanitaires du bruit des transports (routier, ferroviaire, aérien), environ 934 000 Franciliens souffrent de perturbations du sommeil à cause du bruit, dont 415 382 personnes actives[55]. En supposant 1 771[56] heures de travail annuel par personne (l'équivalent d'un emploi à temps plein en Île-de-France) et un coût horaire de la main d'œuvre en Île-de-France de 42,5€/h[57], la perte de productivité liée au manque de sommeil est équivalente à **9 969 équivalents temps plein (ETP) perdus chaque année** et coûte au total **0,750 Md€/an** en Île-de-France.

2.3.2 Dévalorisation du patrimoine

Mécanisme

Les nuisances sonores à proximité des habitations ont des conséquences négatives sur la qualité de vie des riverains, ce qui peut se traduire par une perte de valeur des biens immobiliers.

Méthodologie

De nombreuses études s'intéressent à la dépréciation immobilière causée par le bruit, et mesurent la relation statistique entre le niveau sonore et le pourcentage de perte de valeur immobilière. Pour les besoins de cette étude, le calcul de la perte de valeur immobilière a été effectué en deux étapes :

1. La première étape a consisté à distribuer le montant total annuel des transactions immobilières enregistrées en 2019 pour l'Île-de-France provenant des bases de données agrégées de Demandes de Valeur Foncière (montant de 65 Md€), au prorata des données d'exposition au bruit des populations.

2. La seconde étape a été d'appliquer des fonctions de dépréciation immobilière aux transactions en fonction de leur exposition au bruit. Les fonctions sélectionnées sont issues d'études statistiques, spécifiques à chaque mode de transport :

- Pour le bruit routier, l'analyse[58] effectuée par Beimer en 2017 indique une dépréciation de 0,59% pour chaque augmentation d'1 dB(A) du niveau sonore selon l'indicateur Lden à partir de 53 dB(A) ;

[54] *Hafner, M., Stepanek, M., Taylor, J., Troxel, W. M., & Van Stolk, C. (2017). Why sleep matters—the economic costs of insufficient sleep: a cross-country comparative analysis. Rand health quarterly.*
[55] *Par application du taux de population active qui est de 44% en Île-de-France*
[56] *C'est le nombre d'heures de travail moyen effectué par les travailleurs en Île-de-France, il est plus élevé que le nombre d'heures de 1600 pris en considération dans l'étude nationale.*
[57] *C'est plus élevé que la moyenne nationale de 34,3 €/h prise en compte dans l'étude nationale (source : le coût horaire de la main d'œuvre en 2016, Insee Focus n°184, février 2020).*
[58] *Beimer, W. M. (2017). Noise effects and real estate prices: A simultaneous analysis of different noise sources. Transportation Research Part D, pp. 282–286.*

- Pour le bruit ferroviaire, l'analyse[59] réalisée par Sedoarisoa en 2017 qui porte sur le territoire de Seine-Saint-Denis, indique que la dépréciation augmente de 5% à 10% en fonction du niveau de bruit, à partir de 60 dB(A) selon l'indicateur Lden ;
- Pour le bruit aérien, l'analyse[60] réalisée par Sedoarisoa en 2017 autour de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle indique une perte de valeur allant de 3% à 22% selon le niveau de bruit, au-dessus de 50 dB(A) selon l'indicateur Lden.

Il convient de préciser que nous avons fait le choix d'utiliser les taux de dépréciation issues de l'analyse transversale de Beimer pour le bruit routier plutôt que ceux issus des travaux[61] menés sur la métropole de Nantes et qui ont été utilisés dans l'étude nationale, car ils nous semblaient être plus cohérents par rapport aux taux trouvés pour les deux autres sources de transports, tels qu'issus des analyses de Sedoarisoa.

Résultats

La dépréciation immobilière liée aux nuisances sonores est majoritairement liée au bruit routier : sur une valeur totale de 54,3 Md€ de transactions estimées exposées à des niveaux de bruit routier supérieurs à 45 dB(A) selon l'indicateur Lden, la décote est de 2,336 Md€/an. Le bruit ferroviaire, qui concerne 19,7 Md€ de transactions, génère une décote de 22 M€/an, et le bruit aérien, une décote de 0,353 Md€/an sur 10,3 Md€ de transactions exposées à des niveaux sonores supérieurs à 45 dB(A). Au total, la dépréciation immobilière liée au bruit des transports en Île-de-France est ainsi évaluée à **2,712 Md€/an**.

Il convient de préciser que l'estimation de la dépréciation immobilière liée au bruit dépend fortement des hypothèses de calcul, et notamment des données immobilières. Nous avons fait le choix de baser nos calculs sur les données de transactions immobilières annuelles, en supposant que les transactions immobilières se répartissent de la même façon que la population. Néanmoins, on pourrait supposer qu'il y ait plus de transactions au niveau des biens immobiliers les plus exposés au bruit justement à cause des nuisances sonores provoquant plus de départs, aussi le chiffrage proposé ici correspond probablement à une valeur basse de l'estimation.

2.4 SYNTHÈSE

Au total, le coût social du bruit des transports s'élève à **26 Md€/an** et se décompose comme indiqué dans la figure 5 page suivante.

Le trafic routier est le premier responsable du coût social du bruit des transports : au total, 18,1 Md€/an de coûts sociaux sont générés par ce seul mode de transport. Les trafics aérien et ferroviaire sont quant à eux responsables de 4,1 Md€/an et 3,8 Md€/an respectivement.

[59] *Sédoarisoa, N., Dridi, C., & Lambrecht, S. (2017). Quelle valeur économique de la réduction du bruit ferroviaire par les murs antibruit ? Le cas de deux communes en Seine Saint-Denis.*
[60] *Sedoarisoa, N., Desponds, D., Dalmas, L., & Lavandier, C. (2017). Prix de l'immobilier et proximité de la plate-forme aéroportuaire de Paris–Charles-de-Gaulle (CDG). L'Espace géographique, 46(1), 61-78.*
[61] *Le Boennec, R. S. (2017). The impact of air pollution and noise on the real estate market. The case of the 2013 European Green Capital: Nantes, France.*

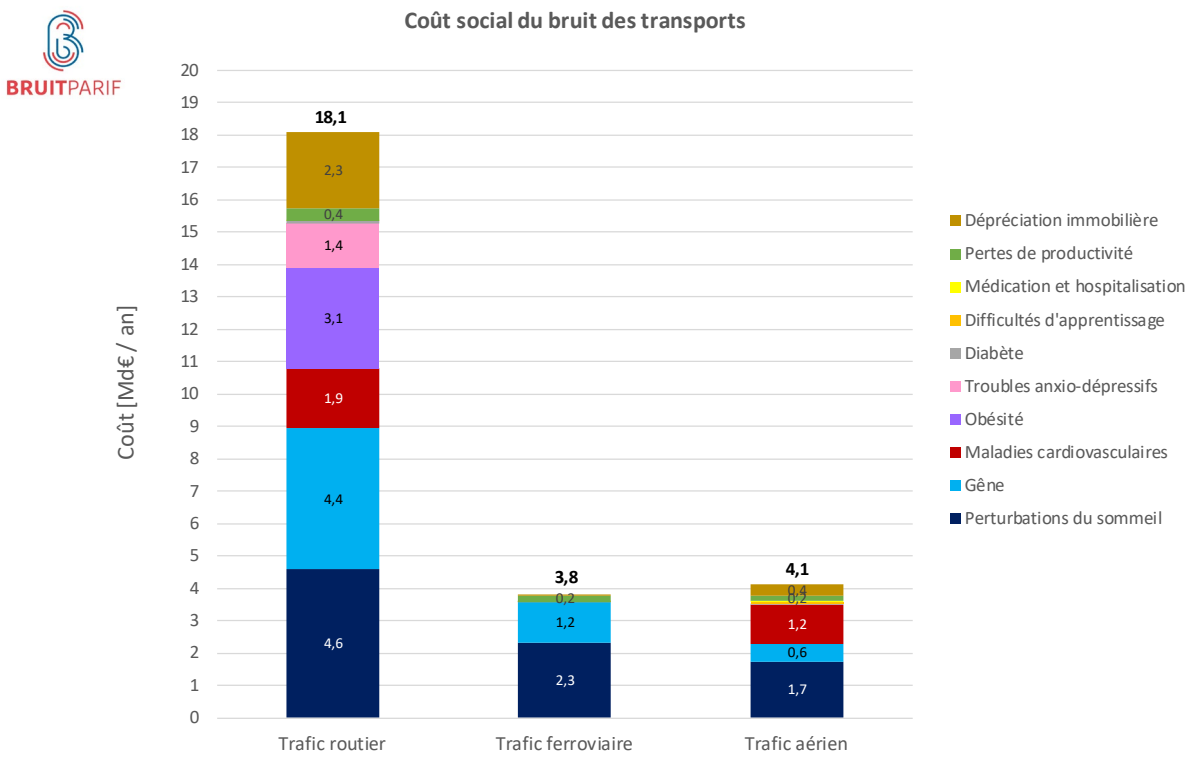

Figure 5 : Estimation de l'ensemble des coûts du bruit des transports en Île-de-France, par mode de transport et par type de coût.

Les coûts correspondent, pour 86% d'entre eux, soit pour 22,5 Md€/an, à la valorisation économique des 158 000 années de vie en bonne santé perdues chaque année du fait des perturbations du sommeil, de la gêne, des maladies cardiovasculaires, de l'obésité, des troubles anxiodépressifs, du diabète de type 2 et des difficultés d'apprentissage induites par le bruit des transports, et des 496 décès prématurés du fait de cardiopathies ischémiques induits par le bruit routier.

Rapporté à un individu moyen, cela représente une perte de vie en bonne santé sur une vie entière de 1,09 années, soit un coût moyen de 144 400 € du fait des morbidités associées au bruit des transports.

Ce chiffrage peut atteindre :

- 2,78 années, soit 366 000 € chez les personnes résidant toute leur vie au sein d'un secteur en situation de dépassement des valeurs limites pour le bruit routier ;
- 2,95 années, soit 389 800 € chez les personnes résidant toute leur vie au sein d'un secteur en situation de dépassement des valeurs limites pour le bruit ferré ;
- Respectivement 1,72 et 4,07 années (moyenne 2,9), soit 227 100 € et 537 800 € (moyenne de 382 400 €) pour les femmes et les hommes qui résident toute leur vie au sein d'un secteur en situation de dépassement des valeurs limites pour le bruit aérien.

Les personnes qui résident toute leur vie en situation de multi-exposition critique au bruit des transports (dépassements de valeurs limites pour deux ou trois sources de bruit) sont donc susceptibles de perdre entre 4 et 8 années de vie en bonne santé durant leur vie, ce qui représente un coût compris entre 500 000 et 1 000 000 €.

À ces coûts s'ajoutent les coûts marchands qui représentent 3,5 Md€/an, soit 14% du coût total du bruit des transports. Ces coûts comprennent les coûts engendrés par les dépréciations immobilières (2,7 Md€/an), les pertes de productivité (0,75 Md€/an) et les coûts de consommation de médicaments et d'hospitalisations associées à des pathologies générées par le bruit des transports (0,05 Md€/an).

3 BRUIT DE VOISINAGE

En plus des nuisances sonores générées par les routes, voies ferrées et aéroports à proximité des habitations, les personnes et activités autour du domicile peuvent aussi être sources de pollution sonore : les bruits générés par les particuliers dans le voisinage (tels que les bruits de portes, de pas ou d'impacts sur les sols, les murs ou les canalisations, de TV/musique, de jardinage, de bricolage ou d'animaux domestiques...), les bruits générés par les activités commerciales et de loisirs (notamment bars, restaurants, terrasses et activités récréatives), et enfin le bruit généré par les chantiers de construction.

3.1 MÉTHODOLOGIE

Si elle est reconnue et punie par la loi, la nuisance sonore liée au comportement des particuliers ou des animaux ne fait pas l'objet de mesures ni donc d'une réglementation de niveau sonore maximal, en partie parce qu'elle est difficilement quantifiable. Par ailleurs, le bruit généré par les activités est défini comme une nuisance en fonction de son émergence par rapport au niveau de bruit résiduel, et non en absolu. C'est pourquoi, contrairement aux bruits des transports, il existe peu d'études qui quantifient les conséquences du bruit de voisinage sur la santé, le comportement ou encore la valeur immobilière. En revanche, il existe des enquêtes et sondages qui s'intéressent aux effets de ces bruits, déclarés de manière qualitative par les victimes de nuisances sonores de voisinage, sur lesquels nous nous appuyons pour calculer une partie des coûts sociaux des bruits de voisinage.

Les coûts sociaux liés aux bruits de voisinage retenus dans le cadre de cette étude sont :

- Pour les effets sanitaires non marchands : la gêne, les perturbations du sommeil et l'anxiété. Pour les autres effets sanitaires, les résultats disponibles dans la littérature n'étaient pas suffisants pour pouvoir supposer l'existence d'un lien entre le bruit et les différentes pathologies, et la littérature existante[62] suppose que les effets majoritaires sont les perturbations du sommeil ainsi que la gêne.
- Pour les effets sanitaires marchands : la consommation d'anxiolytiques.
- Pour les effets économiques : la dépréciation immobilière et la perte de productivité liée à la fatigue induite par les perturbations du sommeil.

3.2 BRUIT DES PARTICULIERS

3.2.1 Coûts sanitaires

3.2.1.1 Gêne

D'après l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017, 18% des Franciliens déclarent subir des nuisances sonores à leur domicile très gênantes. D'après cette même enquête, 29% de ce bruit subi au domicile est déclaré par les participants en lien avec des bruits en provenance de leurs voisins. En faisant l'hypothèse que la déclaration de l'état « très gêné » se rapproche de la définition de la forte gêne par l'OMS, et en appliquant ces pourcentages, le nombre de Franciliens subissant une forte gêne du fait du bruit généré par des particuliers serait d'environ 630 000, ce qui correspond à 12 600 DALY par an. En appliquant la valeur d'une année de vie en bonne santé de 132 000 € définie par la Commission Quinet, la gêne liée au bruit des particuliers représente ainsi et **1,665 Md€/an**. La gêne liée au bruit des particuliers représenterait ainsi une **perte moyenne de 0,09 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **11 500 € en moyenne**.

[62] *Lee, 2020. Neighborhood noise.*

3.2.1.2 Perturbations du sommeil

La même enquête précise que 9% des Franciliens déclaraient être très souvent perturbés dans leur sommeil du fait du bruit. Selon le même raisonnement que pour la gêne, il y aurait de l'ordre de 315 000 personnes ayant des perturbations du sommeil à cause du bruit généré par des particuliers, ce qui correspond à 22 000 DALY par an et un coût de **2,913 Md€/an**. Les perturbations du sommeil liées au bruit des particuliers représenteraient ainsi une **perte moyenne de 0,15 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **20 200 € en moyenne**.

3.2.1.3 Troubles psychologiques

Par ailleurs, d'après l'étude de Jensen[63] sur les effets sur la santé mentale de la gêne liée au bruit de voisinage et au bruit routier, il existe un lien fort entre la gêne liée au bruit de voisinage et la dégradation de la santé mentale, ainsi que l'augmentation du stress (i.e. odds ratios respectifs de 2,34 et 2,78). En appliquant le résultat pour la dégradation de la santé mentale à l'estimation du nombre de personnes gênées, environ 64 000 personnes présenteraient un état de santé mentale dégradée à cause de la gêne liée au bruit de particuliers. En supposant que la dégradation de la santé mentale (définie par l'indice Mental Component Summary en 12 questions) représente des symptômes de dépression et en appliquant le facteur d'incapacité correspondant, la perte d'années de vie en bonne santé s'élève au total à 9 300 DALY, pour un coût de **1,23 Md€/an**. Les troubles psychologiques liés au bruit des particuliers représenteraient ainsi une **perte moyenne de 0,06 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **8 500 € en moyenne.**

3.2.1.4 Consommation de médicaments

En ce qui concerne la **consommation de médicaments**, la méthode retenue par Bruitparif diffère de celle retenue au niveau national. En effet, au niveau national, une extrapolation des résultats estimés pour la seule la consommation d'anxiolytiques en lien avec l'exposition au bruit routier (à partir des travaux[64] d'Okokon) a été faite pour le bruit des particuliers en retenant hypothèse de la forte similarité des effets psychologiques entre le bruit routier et le bruit de voisinage démontré par l'étude de Jensen.

Au niveau francilien le choix a été fait d'utiliser directement les résultats de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 qui montre sur 7% des Franciliens consomment des médicaments à cause du bruit. En appliquant la contribution des bruits générés par les particuliers (29%) dans la forte gêne déclarée à domicile par les Franciliens, il est alors possible d'estimer qu'environ 245 000 personnes prendraient des médicaments du fait du bruit des particuliers. Cela représente un coût total de **2,9 M€[65] par an**. Le chiffrage ainsi réalisé par Bruitparif qui porte sur l'ensemble des médicaments consommés du fait de l'exposition au bruit des particuliers est de l'ordre de 10 fois supérieur à ce qui aurait été obtenu (0,3 M€/an) avec l'application de la méthodologie utilisée à l'échelle nationale.

3.2.2 Coûts non sanitaires

3.2.2.1 Perte de productivité

Les pertes de productivité liées à la fatigue induite par les perturbations du sommeil du fait du bruit des particuliers représentent un coût qui peut être estimé à 0,253 Md€/an, en appliquant la même méthodologie de calcul que celle utilisée pour les pertes de productivité générées par le bruit des transports.

---

[63] *Jensen, H. A. (2018). Neighbour and traffic noise annoyance: a nationwide study of associated mental health and perceived stress. European journal of public health, pp. 1050-1055.*

[64] *Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and psychotropic medication use. Environment international, 119, 287-294.*

[65] *En supposant un coût moyen de 12 €, pour un traitement de 8 semaines.*

3.2.2.2 Dévalorisation du patrimoine

À l'instar du bruit des transports, les bruits des particuliers peuvent a priori générer aussi des pertes de valeur immobilière. Pour approcher la dépréciation des biens immobiliers soumis aux bruits des particuliers, nous faisons l'hypothèse que la proportion de biens exposés aux bruits des particuliers peut être estimée en appliquant le pourcentage de personnes subissant une forte gêne du fait du bruit des particuliers. En appliquant ce pourcentage au total de 65 Md€ de transactions immobilières ayant eu lieu en 2019 en Île-de-France (concernant les appartements et maisons, d'après les bases de données agrégées de Demandes de Valeur Foncière), et en supposant arbitrairement une dépréciation immobilière moyenne de 10%, la décote totale est d'environ 0,339 Md€/an à cause du bruit des particuliers.

3.3 BRUIT DES ACTIVITÉS

3.3.1 Coûts sanitaires

3.3.1.1 Gêne

D'après l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017, 18% des Franciliens déclarent subir des nuisances sonores à leur domicile très gênantes. D'après cette même enquête, 7% de ce bruit subi au domicile est déclaré par les participants en lien avec des bruits en provenance d'activités dans le voisinage (4% du fait des activités de type bars, restaurants, établissements diffusant de la musique et 3% du fait de bruits d'équipements ou d'activités dans le voisinage). En faisant l'hypothèse que la déclaration de l'état « très gêné » se rapproche de la définition de la forte gêne par l'OMS, et en appliquant ces pourcentages, le nombre de Franciliens subissant une forte gêne du fait du bruit généré par des activités serait d'environ 152 000, ce qui correspond à 3 000 DALY par an. En appliquant la valeur d'une année de vie en bonne santé de 132 000 € définie par la Commission Quinet, la gêne liée au bruit des activités représente ainsi et **0,402 Md€/an**. La gêne liée au bruit des activités représenterait ainsi une **perte moyenne de 0,02 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **2 800 € en moyenne**.

3.3.1.2 Perturbations du sommeil

La même enquête précise que 9% des Franciliens déclaraient être très souvent perturbés dans leur sommeil du fait du bruit. Selon le même raisonnement que pour la gêne, il y aurait de l'ordre de 76 000 personnes ayant des perturbations du sommeil à cause du bruit généré par des activités, ce qui correspond à 5 300 DALY par an et un coût de **0,703 Md€/an**. Les perturbations du sommeil liées au bruit des activités représenteraient ainsi une **perte moyenne de 0,04 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **4 900 € en moyenne**.

3.3.1.3 Troubles psychologiques

Par ailleurs, d'après l'étude de Jensen[66] sur les effets psychologiques de la gêne liée au bruit de voisinage et au bruit routier, il existe un lien fort entre la gêne liée au bruit de voisinage et la dégradation de la santé mentale, ainsi que l'augmentation du stress (i.e. odds ratios respectifs de 2,34 et 2,78). En appliquant le résultat pour la dégradation de la santé mentale à l'estimation du nombre de personnes gênées, environ 16 000 personnes présenteraient un état de santé mentale dégradée à cause de la gêne liée au bruit des activités. En supposant que la dégradation de la santé mentale (définie par l'indice Mental Component Summary en 12 questions) représente des symptômes de dépression et en appliquant le facteur d'incapacité correspondant, la perte d'années de vie en bonne santé s'élève au total

[66] *Jensen, H. A. (2018). Neighbour and traffic noise annoyance: a nationwide study of associated mental health and perceived stress. European journal of public health, pp. 1050-1055.*

à 2 300 DALY par an, pour un coût de **0,307 Md€/an**. Les troubles de la santé mentale liés au bruit des activités représenteraient ainsi une **perte moyenne de 0,02 année de vie en bonne santé par individu sur une vie entière** en Île-de-France, ce qui représente un coût de **2 100 € en moyenne.**

3.3.1.4 Consommation de médicaments

En ce qui concerne la **consommation de médicaments**, la méthode retenue par Bruitparif diffère de celle retenue au niveau national. En effet, au niveau national, une extrapolation des résultats estimés pour la seule la consommation d'anxiolytiques en lien avec l'exposition au bruit routier (à partir des travaux[67] d'Okokon) a été faite pour le bruit des activités en retenant hypothèse de la forte similarité des effets psychologiques entre le bruit routier et le bruit de voisinage démontré par l'étude de Jensen.

Au niveau francilien le choix a été fait d'utiliser directement les résultats de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 qui montre sur 7% des Franciliens consomment des médicaments à cause du bruit. En appliquant la contribution des bruits générés par les activités (7%) dans la forte gêne déclarée à domicile par les Franciliens, il est alors possible d'estimer qu'environ 59 000 personnes prendraient des médicaments du fait du bruit des activités. Cela représente un **coût total de 0,7 M€[68] par an**. Le chiffrage ainsi réalisé par Bruitparif qui porte sur l'ensemble des médicaments consommés du fait de l'exposition au bruit des activités est de l'ordre de 10 fois supérieur à ce qui aurait été obtenu (0,07 M€/an) avec l'application de la méthodologie utilisée à l'échelle nationale.

3.3.2 Coûts non sanitaires

3.3.2.1 Perte de productivité

Les pertes de productivité liées à la fatigue induite par les perturbations du sommeil du fait du bruit des activités représentent un coût qui peut être estimé à 61 M€/an, en appliquant la même méthodologie de calcul que celle utilisée pour les pertes de productivité générées par le bruit des transports.

3.3.2.2 Dévalorisation du patrimoine

À l'instar du bruit des transports, les bruits des activités peuvent a priori générer aussi des pertes de valeur immobilière. Pour approcher la dépréciation des biens immobiliers soumis aux bruits des particuliers, nous faisons l'hypothèse que la proportion de biens exposés aux bruits des activités peut être estimée en appliquant le pourcentage de personnes subissant une forte gêne du fait du bruit des activités. En appliquant ce pourcentage au total de 65 Md€/an de transactions immobilières ayant eu lieu en 2019 en Île-de-France (concernant les appartements et maisons, d'après les bases de données agrégées de Demandes de Valeur Foncière), et en supposant arbitrairement une dépréciation immobilière moyenne de 10%, la décote totale est d'environ 82 M€/an à cause du bruit des activités.

3.4 BRUIT DES CHANTIERS

3.4.1 Estimation de l'exposition

Il n'existe aucune donnée officielle caractérisant l'exposition au bruit des chantiers en Île-de-France. Pour caractériser le coût social lié à ce type de bruit, nous avons donc appliqué la méthode retenue par l'Ademe dans son rapport de 2021 sur le coût social du bruit en France. Ainsi, pour estimer le nombre de chantiers en Île-de-France, nous avons utilisé l'hypothèse suggérée dans le rapport national d'une densité de 4 chantiers à enjeu bruit par km^2 au sein des métropoles et nous l'avons appliquée à la métropole du Grand Paris, ce qui donne 3 256 chantiers à enjeu bruit sur ce territoire. Pour le reste de la zone dense

[67] *Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and psychotropic medication use. Environment international, 119, 287-294.*

[68] *En supposant un coût moyen de 12 €, pour un traitement de 8 semaines.*

francilienne, nous avons postulé une densité de 2 chantiers à enjeu bruit par km^2, ce qui conduit à 4 348 chantiers supplémentaires, soit un total de 7 604 chantiers à enjeu bruit en Île-de-France. Nous avons ensuite estimé, comme dans le rapport établi au niveau national, que les personnes habitant dans un rayon de 100 mètres (soit une aire de 0,031 km2) autour d'un chantier sont affectés par son bruit, de la même manière que dans l'étude[69] de Liu. Ceci nous permet d'estimer qu'environ 1,1 millions d'habitants seraient affectés par le bruit des chantiers en Île-de-France.

3.4.2 Coûts sanitaires

3.4.2.1 Coûts sanitaires non marchands

Pour estimer les coûts sanitaires non marchands des bruits des chantiers, nous avons utilisé différentes courbes dose-réponse :

- Celle proposée par Liu pour la gêne ;
- Celles utilisées pour le trafic routier pour les autres impacts sanitaires, en l'absence d'étude spécifique au bruit des chantiers, comme cela a été réalisé par Xiao[70].

À partir de ces courbes, nous estimons qu'il y aurait environ :

- 303 000 personnes affectées par la forte gêne, ce qui représente environ 6 000 DALY par an ;
- 90 300 personnes souffrant de fortes perturbations du sommeil, ce qui représente à 6 300 DALY par an ;
- 16 300 personnes qui souffrent de troubles psychologiques, soit 2 400 DALY par an ;
- 180 personnes affectées de cardiopathies ischémiques et 422 d'AVC, respectivement équivalents à 73 et 133 DALY ;
- 111 décès prématurés à cause d'une maladie cardiovasculaire générée par le bruit des chantiers.

Les coûts sanitaires non marchands des morbidités associées au bruit des chantiers représentent **1,973 Md€/an**, en appliquant la valeur d'une année de vie en bonne santé de 132 000 € définie par la Commission Quinet. Rapporté à un individu et à une vie entière, cela représente une perte de 0,1 année de vie en bonne santé pour un coût de 13 600 €.

Le coût de la mortalité prématurée liée aux maladies cardiovasculaires causées par le bruit des chantiers peut quant à lui être estimé à **390 M€/an**, en utilisant la valeur statistique de la vie de près de 3,5 M€ pour l'année 2020, fixée par la Commission Quinet. Au total les coûts sanitaires non marchands du bruit des chantiers s'élèvent donc à 2,363 Md€/an.

3.4.2.2 Coûts sanitaires marchands

À ces coûts sanitaires non marchands s'ajoutent des coûts sanitaires marchands :

- Les coûts d'hospitalisation : en supposant que 16% des personnes atteintes d'une maladie cardiovasculaire sont hospitalisées (d'après l'Observatoire Suisse de la Santé), et que le coût moyen d'une hospitalisation en service de cardiologie est de 4 209 € (en 2018, d'après SCANSanté), on obtient que 96 personnes sont hospitalisées à cause du bruit des chantiers pour un coût de 0,4 million d'euros.
- En ce qui concerne la **consommation de médicaments**, la méthode retenue par Bruitparif diffère de celle retenue au niveau national qui était basée sur une extrapolation des résultats estimés pour la seule la consommation d'anxiolytiques en lien avec l'exposition au bruit routier (à partir des travaux[71]

[69] *Liu, Y. X. (2017). Community response to construction noise in three central cities of Zhejiang province, China. Environmental Pollution.*

[70] *Xiao, J. L. (2016). DALY-based health risk assessment of construction noise in Beijing, China. International journal of environmental research and public health.*

[71] *Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and*

d'Okokon et de l'étude de Jensen). Au niveau francilien le choix a été fait d'utiliser directement les résultats de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 qui montre sur 7% des Franciliens consomment des médicaments à cause du bruit. En appliquant la contribution des bruits générés par les chantiers (6%) dans la forte gêne déclarée à domicile par les Franciliens, il est alors possible d'estimer qu'environ 51 000 personnes prendraient des médicaments du fait du bruit des chantiers. Cela représente un **coût total de 0,6 M€**[72] **par an**. Le chiffrage ainsi réalisé par Bruitparif qui porte sur l'ensemble des médicaments consommés du fait de l'exposition au bruit des chantiers est de l'ordre de 5 fois supérieur à ce qui aurait été obtenu (0,13 M€/an) avec l'application de la méthodologie utilisée à l'échelle nationale.

3.4.3 Coûts non sanitaires

Seules les pertes de productivité ont été évaluées pour le bruit de chantiers, ayant considéré que la dépréciation immobilière était sans objet du fait de la durée limitée dans le temps des travaux, et que les aménagements réalisés dans le quartier du fait des travaux peuvent même apporter, une fois finalisés, une valorisation des biens.

Pour calculer les pertes de productivité, nous avons supposé, à l'instar du bruit des transports, que les perturbations du sommeil liées au bruit des chantiers entraînent une perte de productivité de 2,4% chez les actifs et sur la base d'une moyenne de 1 771[73] heures de travail annuel par personne et d'un coût horaire de la main d'œuvre en Île-de-France de 42,5€/h[74]. Ainsi, le bruit des chantiers générerait un coût d'environ 73 M€/an liés aux pertes de productivité.

3.5 SYNTHÈSE

Au total, les coûts sociaux générés par le bruit des particuliers, des activités et des chantiers de construction s'élèvent à 10,4 Md€/an, dont 6,4 Md€/an (62%) sont liés au bruit des particuliers, 2,4 Md€/an (23%) au bruit des chantiers et 1,6 Md€/an au bruit d'activités (15%).

L'incertitude liée à cette estimation est élevée : les connaissances en matière d'impact sanitaire et économique du bruit de voisinage sont encore peu répandues, et les méthodologies de calcul ont demandé le transfert de méthodologies utilisées pour d'autres sources de bruit mieux étudiées, notamment le transport, l'utilisation de données déclaratives issues de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 ainsi que la formulation parfois d'hypothèses arbitraires. C'est pourquoi, si cette estimation permet d'affirmer que ces coûts existent et sont non négligeables, représentant près d'un quart (24%) du coût social total du bruit en Île-de-France, elle est amenée à être révisée avec l'évolution des connaissances sur le sujet.

psychotropic medication use. Environment international, 119, 287-294.

[72] En supposant un coût moyen de 12 €, pour un traitement de 8 semaines.

[73] C'est le nombre d'heures de travail moyen effectué par les travailleurs en Île-de-France, il est plus élevé que le nombre d'heures de 1600 pris en considération dans l'étude nationale.

[74] C'est plus élevé que la moyenne nationale de 34,3 €/h prise en compte dans l'étude nationale (source : le coût horaire de la main d'œuvre en 2016, Insee Focus n°184, février 2020).

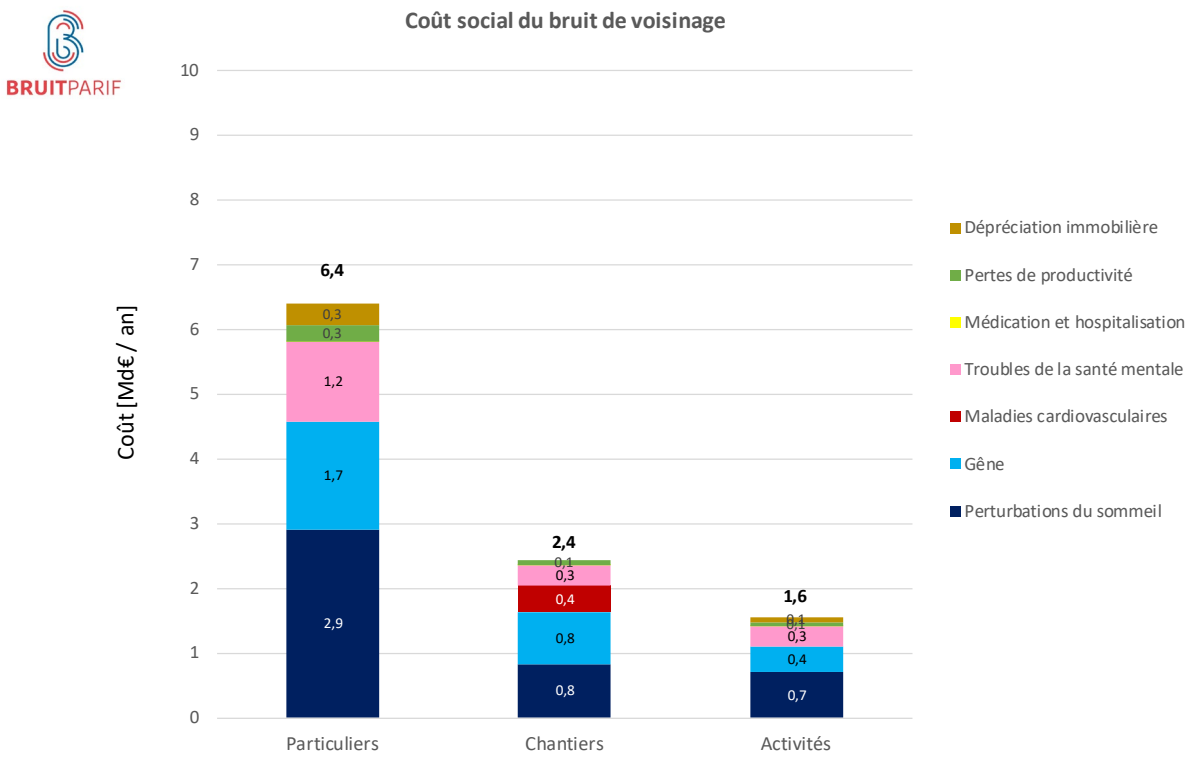

Figure 6 : Estimation de l'ensemble des coûts du bruit de voisinage en Île-de-France, par type de bruit de voisinage et par type de coût.

4 BRUIT AU TRAVAIL ET À L'ÉCOLE

Le bruit sur le lieu de travail ou à l'école peut aussi être source de nuisances sonores importantes : au travail, le bruit peut provenir des engins et machines utilisés dans les secteurs du BTP, de l'agriculture ou de l'industrie, ou des interactions entre collègues et des déplacements dans les open spaces par exemple dans le secteur tertiaire ; en milieu scolaire, le bruit est émis par les élèves et le personnel lors de leurs interactions et de leurs déplacements.

4.1 BRUIT AU TRAVAIL

Le bruit sur le lieu de travail, qui concerne le bruit en usine, en exploitation agricole, dans le secteur du BTP et également le bruit dans le secteur tertiaire, fait l'objet de réglementations et de nombreuses actions de prévention. Les effets du bruit au travail les mieux documentés concernent les effets sur l'audition avec la perte d'audition ou surdité qui est reconnue comme maladie professionnelle depuis 1963.

Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré quatre types de coûts liés au bruit en milieu professionnel :

- Les coûts liés aux pertes d'audition générées par l'exposition professionnelle au bruit, en tant que coûts sanitaires pour partie marchands et pour partie non marchands ;
- Les coûts liés aux accidents causés par le bruit au travail, en tant que coûts sanitaires marchands ;
- Les coûts liés à la gêne subie par les travailleurs exposés au bruit, en tant que coûts sanitaires non marchands ;
- La perte de productivité causée par le bruit au travail, en tant que coûts non sanitaires marchands.

4.1.1 Pertes d'audition

Une exposition prolongée à des niveaux sonores au-delà de 80 dB peut générer des troubles auditifs, tels que des acouphènes voire une perte d'audition.

Les coûts de la **perte d'audition** qui ont été chiffrés dans cette étude sont de deux types :

- Les coûts sanitaires marchands liés à l'indemnisation et au traitement de la surdité en tant que maladie professionnelle : d'après la Direction Générale du Travail[75], 608 nouveaux cas de surdité ont été reconnus en France en tant que maladie professionnelle sur l'année 2017, pour un coût moyen de 100 000 € d'indemnisation par la Sécurité sociale. Le coût total s'élève donc à 61 M€/an au niveau national. Ne disposant pas du nombre de cas précis en Île-de-France, nous avons proratisé le coût annuel avec la part de la population active qui est en Île-de-France (18,4%), ce qui porte à **11,2 M€/an** le coût lié aux pertes d'audition du fait de l'exposition au bruit sur le lieu de travail en Île-de-France.
- Les coûts sanitaires non marchands associés aux impacts du déficit auditif pour les personnes au cours de leur vie quotidienne (réduction de la communication et des interactions humaines impactant les dimensions mentales, psychologiques et cognitives de la personne, risques accrus de chutes et d'accidents). Ce type de coûts n'a pas été considéré dans l'étude nationale. Il existe pourtant un certain nombre d'études et de publications qui nous semblent permettre de réaliser un premier chiffrage. Ainsi, l'étude[76] publiée en 2016 concernant l'impact économique du déficit auditif en France et dans les Pays Développés chiffrait ainsi à 16,7 Md€/an la valeur de la perte de qualité de vie liée au déficit auditif pour les 6,4 millions de Français qui en sont atteints, en tenant compte du

[75] *Direction Générale du travail, direction des risques professionnels (2019) - Statistiques de sinistralité 2018 tous CTN et par CTN.*
[76] *J. de Vervasdoué, L. Hartmann, Impact Economique du Déficit Auditif en France et dans les Pays Développés – Revue de la littérature scientifique 2005-2015, rapport final, mars 2016.*

taux d'appareillage et en prenant 40 000 € pour la valeur d'une année de vie en bonne santé. En utilisant la valeur de 132 000 € qui a été considérée dans le présent rapport, ce chiffrage passerait à 55,3 Md€/an pour la France entière. En considérant, selon une approche conservatrice que 5%[77,78]des déficits auditifs seraient liés à une surexposition professionnelle au bruit, on peut évaluer que la morbidité associée aux surdités professionnelles représente un coût de 2,77 Md€/an en France. En proratisant enfin ce coût à la part de la population active située en Île-de-France (18,4%), on peut estimer un montant de 0,509 Md€/an pour les impacts du déficit auditif causé par le bruit au travail en Île-de-France.

Au total, les coûts liés aux pertes d'audition générées par l'exposition professionnelle au bruit s'élèvent à 0,52 Md€/an (en lien principalement avec les coûts non marchands).

4.1.2 Accidents du travail

Les niveaux sonores élevés peuvent couvrir les sons et alarmes prévenant d'un danger imminent et ainsi favoriser la survenue d'accidents.

D'après les résultats de l'exploitation de l'enquête SUMER 2017 pour l'Île-de-France[79], 23% des travailleurs franciliens sont exposés au bruit sur leur lieu de travail (soit une proportion moindre que la moyenne[80] en France qui s'établit à 31,6%). En appliquant ce taux à la population active francilienne, ce sont 1,2 millions d'actifs qui seraient exposés au bruit sur leur lieu de travail. D'après un rapport de la DARES[81] de 2007, le risque d'accident au travail serait porté à 8,6% en cas d'exposition à des niveaux sonores élevés, ce qui est 24% plus élevé que le risque d'accident sans exposition au bruit. En appliquant cet excès de risque d'accident du travail pour cause de bruit à la population active exposée au bruit sur son lieu de travail, on peut estimer à environ 21 000 le nombre d'**accidents du travail** causés par le bruit au travail chaque année en Île-de-France, ce qui correspond à un **coût annuel de 92,6 M€/an**, en supposant un coût moyen de 4 500 € par accident du travail pour la Sécurité sociale.

4.1.3 Gêne

La revue de la littérature académique ne permet pas d'identifier de courbe dose-réponse ou d'estimation du risque relatif pour la gêne liée au bruit en milieu professionnel. Ainsi, pour l'estimation du coût social du bruit en France, une approximation du coût de la gêne liée au bruit au travail a été faite à partir des résultats de l'enquête IFOP/JNA[82] sur le bruit, la santé auditive et la qualité de vie au travail. Pour l'Île-de-France, nous avons décidé d'utiliser les résultats de l'enquête Crédoc/Bruitparif publiée en 2017 qui comporte un plus grand nombre de Franciliens interrogés. D'après les résultats de cette enquête, 11% des actifs se disent très gênés par le bruit sur leur lieu de travail. Par conséquent, parmi les 5,4 millions d'actifs en Île-de-France, nous pouvons estimer qu'environ 591 000 personnes ressentent une forte gêne liée au bruit au travail, ce qui génère la perte de 11 800 DALY environ, et représente un coût de **1,6 Md€/an**.

---

[77] Il n'existe pas à notre connaissance d'estimation précise, à l'échelle de la France, d'un pays de l'Europe ou de l'Europe, de la part liée à l'exposition professionnelle au bruit dans la population atteinte de déficits auditifs. Toutefois, des travaux publiés au début des années 2000 par l'OMS à partir de données disponibles aux Etats-Unis et extrapolées à 14 régions du monde indiquaient une part de 16% attribuable au bruit professionnel dans les déficits auditifs des adultes, ce taux variant de 7% à 21% selon les régions étudiées. Compte-tenu des progrès faits concernant la protection des travailleurs en matière de risques auditifs au cours des vingt dernières années et de la réglementation européenne en vigueur sur le sujet qui est l'une des plus avancées au monde, nous avons pris une hypothèse conservatrice de 5% de déficits auditifs des adultes générés par le bruit au travail en France.

[78] Nelson, D et al - The Global Burden of Occupational Noise-induced Hearing Loss, American Journal of Industrial Medicine, 2005. https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/global/6noise.pdf

[79] DRIEETS, ORS IdF, 2021. Rapport d'études Photographie des expositions aux risques professionnels en Île-de-France.

[80] Source : INRS, septembre 2019 – Références en santé au travail – N°159. Premiers résultats de l'enquête SUMER 2017.

[81] DARES, 2007. Premières synthèses Informations - Accidents et conditions de travail.

[82] IFOP, JNA, 2019. Bruit, santé auditive et qualité de vie au travail - Enquête auprès des actifs exerçant une activité professionnelle.

4.1.4 Perte de productivité

La littérature académique[83] mentionne une perte de productivité d'environ 1,9% à cause des conséquences directes de l'exposition au bruit au travail. En appliquant cette perte de productivité aux 23% d'actifs exposés au bruit au travail en Île-de-France et en supposant 1 771[84] heures de travail annuel par personne et un coût horaire de la main d'œuvre en Île-de-France de 42,5€/h[85], la perte de productivité liée au bruit au travail représente **1,768 Md€/an.**

4.2 BRUIT À L'ÉCOLE

Le bruit en milieu scolaire, quel que soit le niveau d'enseignement, est connu pour générer des difficultés dans l'intelligibilité de la parole des enseignants, qui induisent des difficultés de compréhension et par conséquent d'apprentissage pour les élèves. Les conséquences du bruit des transports qui est généré à l'extérieur des établissements sur l'apprentissage ont été évaluées dans le chapitre dédié (2.2.1.4), c'est pourquoi le présent chapitre traite uniquement du bruit interne au milieu scolaire, c'est-à-dire le bruit produit par les élèves et le personnel enseignant et encadrant, ainsi que par les divers équipements de chauffage, ventilation, etc. Pour les besoins de l'étude, deux types de coûts ont été mesurés en lien avec le bruit interne au milieu scolaire :

- Les difficultés d'apprentissage des élèves ;
- Les effets sanitaires chez les enseignants ;
- La gêne et la fatigue chez les élèves.

Il convient de relever qu'il existe peu de littérature académique relative aux conséquences sanitaires du bruit interne aux établissements scolaires.

4.2.1 Difficultés d'apprentissage

D'après les données issues de l'Éducation nationale pour l'année scolaire 2020/2021, les académies d'Île-de-France comptent 2 416 692 élèves inscrits dans un établissement scolaire. La synthèse des travaux de mesure acoustique dans les établissements scolaires, réalisée par Ecophon[86] indique que le niveau sonore moyen en salle de classe est de 65 dB(A), avec une distribution de l'exposition au bruit en salle de classe telle que présentée dans le tableau ci-dessous.

Intervalle de bruit (LAeq)	Pourcentage d'élèves exposés à l'intervalle
45-50 dB(A)	1%
50-55 dB(A)	2%
55-60 dB(A)	15%
60-65 dB(A)	41%
65-70 dB(A)	31%
70-75 dB(A)	10%

Figure 7 : Distribution de l'exposition au bruit en salle de classe. Source : Ecophon, 2019.

En appliquant par transfert la courbe dose-réponse des difficultés d'apprentissage en lien avec le bruit aérien[87] à la distribution de l'exposition du bruit interne à la classe, on obtient qu'environ 361 000 élèves

[83] *Si, S. L. (2020). Productivity burden of occupational noise-induced hearing loss in Australia: a Life Table Modelling Study. International journal of environmental research and public health*

[84] *C'est le nombre d'heures de travail moyen effectué par les travailleurs en Île-de-France, il est plus élevé que le nombre d'heures de 1600 pris en considération dans l'étude nationale.*

[85] *C'est plus élevé que la moyenne nationale de 34,3 €/h prise en compte dans l'étude nationale (source : le coût horaire de la main d'oeuvre en 2016, Insee Focus n°184, février 2020).*

[86] *Ecophon, 2019. L'impact du bruit dans l'enseignement.*

[87] *Stansfeld, S. B.-B. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. Lancet.*

souffrent de difficultés d'apprentissage du fait du bruit en classe. D'après la synthèse d'Ecophon, environ 59% du bruit dans les établissements scolaires est estimé être de cause interne, le reste étant externe et provenant principalement des transports. Au total, ce sont donc de l'ordre de **213 000 élèves** qui auraient des difficultés d'apprentissage à cause du bruit généré au sein de l'établissement scolaire, ce qui génère la perte d'environ 1 300 DALY, pour un coût de **169 M€/an**.

4.2.2 Effets sanitaires chez les enseignants

De nombreuses enquêtes et études démontrent que les enseignants ressentent du stress, de la fatigue et des difficultés à parler à cause du bruit en milieu scolaire. En revanche, il n'existe pas d'étude épidémiologique prouvant le lien exact entre bruit et stress, altérations de la voix ou encore maux de tête. Pour approcher le coût social des conséquences du bruit sur la santé des enseignants, le rapport Ademe/CNB a proposé d'utiliser l'indicateur de la gêne, en faisant l'hypothèse que la gêne subie par les enseignants à cause du bruit en classe est proche de la gêne subie par les riverains d'aéroports à cause du bruit des avions.

Nous jugeons ce transfert méthodologique hasardeux et avons préféré travailler à partir des résultats de l'enquête Bruitparif/CidB[88] menée auprès des personnels de 20 lycées franciliens en 2009. Cette enquête a montré que 48% des enseignants et personnels considèrent que le bruit au sein de l'établissement affecte leur santé.

D'après les données des académies d'Île-de-France pour l'année 2020/2021, il y aurait 164 364 enseignants dans les établissements du 1er et du 2nd degré en Île-de-France. Par conséquent, on peut estimer que **78 900 enseignants** environ ressentiraient des effets sur leur santé du bruit sur leur lieu de travail. En appliquant le facteur d'incapacité lié à la gêne de 0,02, on obtient de l'ordre de 1 600 DALY par an pour un coût de **0,208 Md€/an**.

4.2.3 Gêne et fatigue chez les élèves

Les résultats de l'enquête Bruitparif/CidB[89] ont également montré que 16% des élèves considèrent que le bruit au sein de l'établissement affecte leur santé.

Par conséquent, on peut estimer qu'environ **387 000 élèves** ressentiraient les effets sur leur santé du bruit sur leur lieu d'enseignement. En appliquant le facteur d'incapacité lié à la gêne de 0,02, on obtient de l'ordre de 7 700 DALY par an pour un coût de **1,021 Md€/an**.

4.3 BRUIT EN MILIEU HOSPITALIER

Les impacts du bruit dans les hôpitaux ont été documentés dans la littérature académique et dans des rapports officiels, tant pour les patients[90,91] que pour le personnel soignant[92,93,94]. Toutefois, la méthodologie de quantification du coût associé, telle que mise en œuvre dans l'étude nationale et qui a abouti à un chiffrage de 63,6 M€/an en France, nous a semblé trop fragile pour pouvoir être reprise et

[88] *Bruitparif, CidB, 2009. Campagne de mesure et de sensibilisation au bruit au sein des lycées d'Ile-de-France, Rapport de synthèse.*
[89] *Bruitparif, CidB, 2009. Campagne de mesure et de sensibilisation au bruit au sein des lycées d'Ile-de-France, Rapport de synthèse.*
[90] *Kurmann, 2011 Adverse effect of noise in the operating theatre on surgical-site infection, British Journal of Surgery, p.1021-1025.*
[91] *Souet, 2016. Exposition au bruit dans les services de néonatalogie. Étude de l'ARS Centre Val de Loire.*
[92] *Arabaci & Önler, 2021. The Effect of Noise Levels in the Operating Room on the Stress Levels and Workload of the Operating Room Team. Journal of PeriAnesthesia Nursing*
[93] *Katz, 2014. Noise in the Operating Room, Anesthesiology 894-898.*
[94] *Enser, et al, 2017, Background noise lowers the performance of anaesthesiology residents' clinical reasoning when measured by script concordance. European Journal of Anesthesiology*

adaptée à la situation francilienne.

Nous avons donc fait le choix de ne pas proposer de chiffrage du coût lié au bruit en milieu hospitalier à ce stade pour l'Île-de-France.

4.4 SYNTHÈSE

Le coût social du bruit sur le lieu de travail ou d'étude représente un coût d'environ 5,3 Md€/an. En particulier, le bruit au travail génère un coût social important (3,9 Md€/an), lié aux morbidités associées à la gêne ressentie et aux déficits auditifs induits (2,1 Md€/an soit 52%) mais aussi à hauteur de 45% aux pertes de productivité causées par le bruit au travail (1,8 Md€/an) et aux maladies professionnelles et accidents du travail (3%).

En ce qui concerne le bruit en milieu scolaire (dont le coût social est de 1,4 Md€/an), il est important de prendre en compte le fait que les coûts présentés au sein de ce rapport sont probablement fortement sous-estimés, de nombreux impacts sur les élèves et enseignants étant complexes à modéliser.

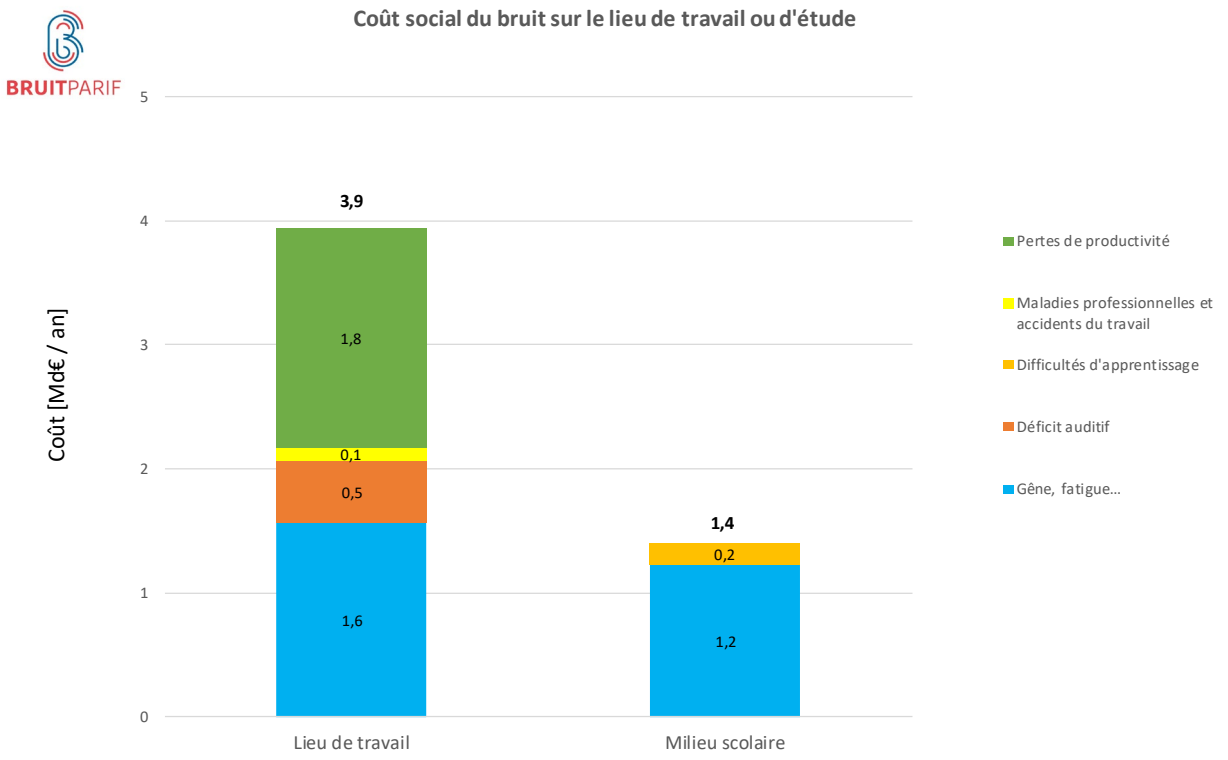

Figure 8 : Estimation de l'ensemble des coûts du bruit en milieu de travail, par type de milieu et par type de coût.

5 DÉPENSES TRANSVERSALES

Aux coûts sociaux liés aux différentes sources de bruit s'ajoutent des coûts transverses : il s'agit des dépenses liées aux actions de prévention et de réduction du bruit ainsi que celles liées à la surveillance et aux activités de R&D concernant les effets du bruit.

Ont donc été pris en compte dans cette étude :

- Les dépenses engagées de lutte contre le bruit telles que rapportées[95] par le Ministère de la Transition écologique et qui s'élevaient en 2018 à 2,051 Md€/an pour l'ensemble de la France. Nous avons considéré que 30% (part de l'Île-de-France dans le PIB) d'entre elles étaient en lien avec des actions menées sur le territoire régional d'Île-de-France, soit une part de dépenses affectées à l'Île-de-France de 0,615 Md€/an. Il convient de préciser qu'il est difficile de savoir ce que recouvrent précisément ces dépenses engagées de lutte contre le bruit telles que rapportées par le Ministère de la Transition écologique. Il est probable que le chiffrage ne tienne pas compte des dépenses engagées par les collectivités territoriales pour la mise en œuvre de la directive européenne 2002/49/CE (établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement) ni du financement des actions concrètes mises en œuvre sur leur réseau. Aussi, nous avons intégré de manière séparée une estimation (voir point suivant) du budget affecté à la lutte contre le bruit par les collectivités (Région, Métropole du Grand Paris et 13 EPCIs, Ville de Paris, départements, et autres collectivités) ainsi que par les gestionnaires de grandes infrastructures.
- Un montant de 200 M€/an a été considéré au titre des dépenses et investissements réalisés par les collectivités territoriales franciliennes et les gestionnaires de grandes infrastructures en matière de lutte contre le bruit en Île-de-France.
- Une part de 5% du budget annuel du CEREMA (qui est de l'ordre de 240 M€), affectée aux activités de surveillance et de prévention du bruit, soit 12 M€/an au niveau national. Là-encore, nous avons considéré 30% du montant comme affecté à l'Île-de-France, soit 3,6 M€/an.
- Une quote-part de 30% des fonds alloués aux ARS sur la thématique bruit. Nous avons considéré de manière arbitraire qu'un pourcent des 600 M€/an alloués aux ARS[96] chaque année étaient en lien avec les politiques de prévention du bruit, ce qui donne 6 M€/an au niveau national et 1,8 M€ au niveau régional.
- Une quote-part de 30% du budget du CidB, soit de l'ordre de 0,3 M€/an affecté à des activités d'information et de documentation sur le bruit en Île-de-France.
- Le budget annuel de Bruitparif, autour de 2,6 M€/an.

Au total, les dépenses transversales de lutte contre le bruit en Île-de-France sont estimées à 0,823 Md€/an.

[95] *Source : MTE, 2019. La dépense de lutte contre le bruit.* https://ree.developpement-durable.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/graphiques/article/evolution-de-la-depense-nationale-de-lutte-contre-le-bruit

[96] *Source :* https://www.performance-publique.budget.gouv.fr/sites/performance_publique/files/farandole/ressources/2018/pap/html/DBGPGMOPERATEURPGM124.htm

6 ANALYSE GLOBALE

Au total, **le coût de la pollution sonore en Île-de-France s'élèverait ainsi à 42,6 milliards d'euros par an.**

Nous présentons dans ce chapitre la manière dont ce coût est ventilé en fonction des différentes sources de bruit puis en fonction des effets induits. Nous analysons ensuite la part que représente la région Île-de-France dans le chiffrage effectué au niveau national et présentons enfin les facteurs d'explication de la forte réévaluation du coût social du bruit entre les études de 2016 et de 2021.

6.1 CONTRIBUTION DES SOURCES

La figure 9 ci-dessous présente la répartition du coût social du bruit en Île-de-France selon les différentes sources de bruit qui ont été intégrées à l'étude.

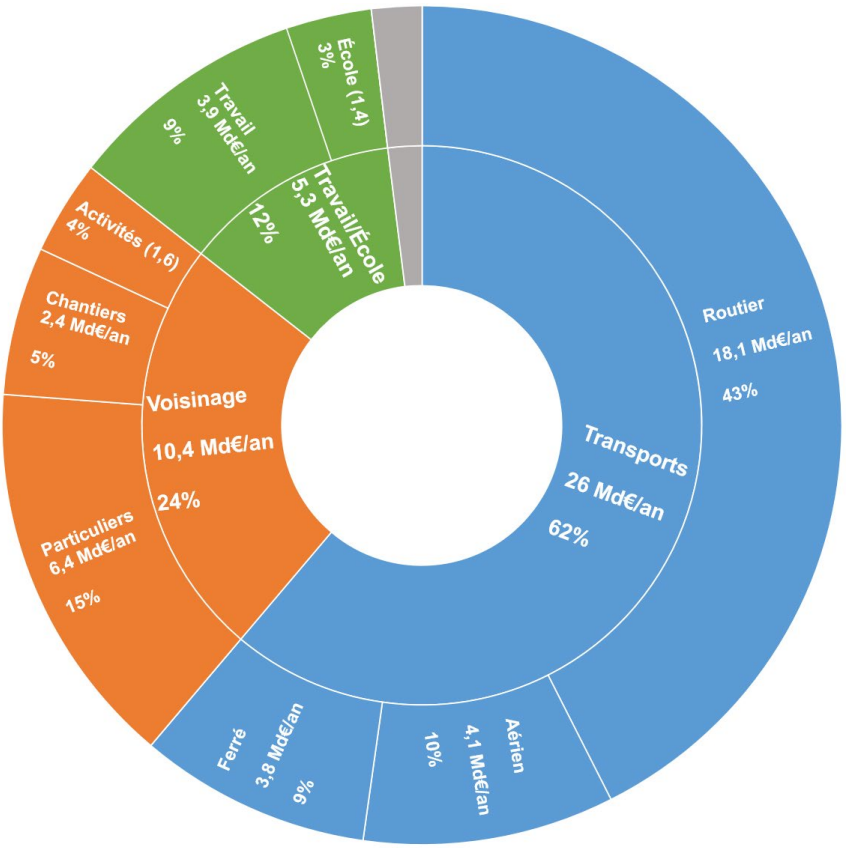

Figure 9 : Répartition du coût social du bruit en Île-de-France selon les sources de bruit

6.1.1 Bruit des transports

L'évaluation conduite établit que les coûts occasionnés par **le bruit des transports** en Île-de-France représentent **26 Md€/an**, ce qui représente **62% du chiffrage régional**.

Les coûts associés correspondent, pour 86% d'entre eux, soit pour 22,5 Md€/an, à la valorisation économique des 158 000 années de vie en bonne santé perdues chaque année du fait des perturbations du sommeil, de la gêne, des maladies cardiovasculaires, de l'obésité, des troubles anxiodépressifs, du diabète de type 2 et des difficultés d'apprentissage induites par le bruit des transports, ainsi que des 496 décès prématurés du fait de cardiopathies ischémiques induits par le bruit routier, et pour la partie restante (3,5 Md€/an soit 14%) aux coûts engendrés par les dépréciations immobilières (2,7 Md€/an), les pertes de productivité (0,75 Md€/an) et les coûts de médications et d'hospitalisations associées à des pathologies générées par le bruit des transports (50 M€/an).

Le coût associé au **bruit routier** s'élève à **18,1 Md€/an** soit **43%** du total régional, celui du **bruit aérien** à **4,1 Md€/an** soit **10%** du total régional et celui du **bruit ferroviaire** à **3,8 Md€/an** soit **9%** du total régional.

6.1.2 Bruit de voisinage

Atteignant **10,4 Md€/an**, le **bruit de voisinage** représente quant à lui **24% du total régional**, se décomposant en 6,4 Md€/an (soit 15% du total) pour les bruits des particuliers, en 2,4 Md€/an (soit 5% du total) pour les chantiers et en 1,6 Md€/an (soit 4% du total) pour les bruits générés par les activités professionnelles dans le voisinage.

6.1.3 Bruit au travail ou à l'école

Avec un coût de **5,3 Md€/an**, soit **12% du total régional**, l'exposition au **bruit sur le lieu de travail** (3,9 Md€/an soit 9% du total) **ou d'étude** (1,4 Md€/an soit 3%) apparaît également comme un enjeu de taille en Île-de-France.

Les conséquences de l'exposition au bruit au travail ou à l'école comprennent la gêne, la fatigue, le déficit auditif et les difficultés d'apprentissage pour 3,5 Md€/an, les pertes de productivité (baisses de performance et de concentration) qui représentant un coût très élevé pour les entreprises (1,8 Md€/an) et les coûts d'indemnisation des surdités professionnelles et des accidents liés au bruit (pour cause de masquage des signaux d'alerte ou de détournement d'attention) pour 0,1 Md€/an.

6.1.4 Dépenses transversales

Enfin **près de 2% des coûts (0,8 Md€/an)** correspondent aux **dépenses engagées en lien avec le traitement et la prévention du bruit** en Île-de-France.

6.2 CONTRIBUTION DES EFFETS

La figure 10 page suivante fournit la contribution des différents effets du bruit qui ont été étudiés. Elle distingue les coûts qui sont d'ordre sanitaire des coûts économiques.

Le coût social du bruit en Île-de-France s'explique à **84%**, soit à hauteur de **35,8 Md€/an**, par les **conséquences du bruit sur la santé humaine**, principalement du fait de coûts non marchands (35,6 Md€) liés à la valorisation économique des quelques 254 000 années de vie en bonne santé perdues chaque année du fait de l'exposition de la population au bruit.

Les **effets sanitaires** qui présentent les coûts les plus importants sont ainsi par ordre décroissant :

- Les **perturbations du sommeil** liées au bruit, qui concernent directement **1,4 millions de Franciliens** (12% de la population régionale), représentent un coût de **13,1 Md€/an**, soit **31%** du total.
- La **forte gêne** liée au bruit concerne près de **4,5 millions de Franciliens** (37% de la population régionale) et représente un coût de **11,8 Md€/an**, soit **28%** du total.
- Les **maladies cardiovasculaires** (maladies ischémiques, infarctus du myocarde, AVC, hypertension artérielle) imputables au bruit représentent **3,5 Md€/an**, soit **8%** du total, et touchent de l'ordre de **83 000 personnes.**
- Les **troubles psychologiques** causés par l'exposition au bruit concernent près de **169 000 personnes** pour un coût de **3,2 Md€/an**, soit **7%** du total. Il convient de préciser qu'il existe encore peu de travaux académiques sur les liens entre troubles psychologiques et exposition au bruit. C'est pourquoi, les résultats présentés ici sont à manipuler avec précaution et sont à considérer comme de robustesse faible à moyenne.
- L'**obésité** liée au bruit touche près de **234 600 personnes** (1,9% de la population) pour un coût de **3,1 Md€/an**, soit **7%** du total. Il convient de préciser qu'il existe encore peu de travaux académiques sur les liens entre obésité et exposition au bruit. C'est pourquoi, les résultats présentés ici sont à

considérer comme de robustesse plutôt faible.

- La dégradation de bonne santé associée au **déficit auditif** causé par le bruit au travail représenterait un coût de **0,5 Md€/an**, soit **1,2%** du total.
- Les **difficultés d'apprentissage** du fait du bruit concerneraient plus de **361 000 jeunes scolarisés** pour un coût de **0,3 Md€/an**, soit **0,7%** du total.
- les dépenses induites pour l'**assurance maladie** du fait des consommations médicamenteuses[97], des surdités professionnelles[98], des accidents de travail[99] et des hospitalisations[100] en lien avec des pathologies induites par le bruit, représentent un montant de **0,2 Md€/an**, soit **0,4%** du total.
- et enfin le **diabète** de type 2 pour **0,1 Md€/an**, soit **0,2%** du total. Il convient de préciser que les études relatives aux liens entre exposition au bruit et diabète de type 2 sont encore peu nombreuses et qu'il convient donc de considérer cette estimation comme fragile.

Les autres types de coûts, qui représentent **6,8 Md€/an**, soit **16% du total**, sont des **coûts non sanitaires marchands** en lien avec :

- La **dépréciation immobilière** des biens exposés au bruit pour un montant de **3,1 Md€/an** représentant **7%** du total.
- Les **pertes de productivité** au travail du fait du bruit (baisses de concentration et d'efficacité) qui représentent l'équivalent de **57 500 équivalents temps plein perdus** chaque année et un montant de **2,9 Md€/an** soit **7%** du coût total.
- Et enfin les **dépenses transversales** de prévention en matière de bruit pour **0,8 Md€** soit **1,9%** du total.

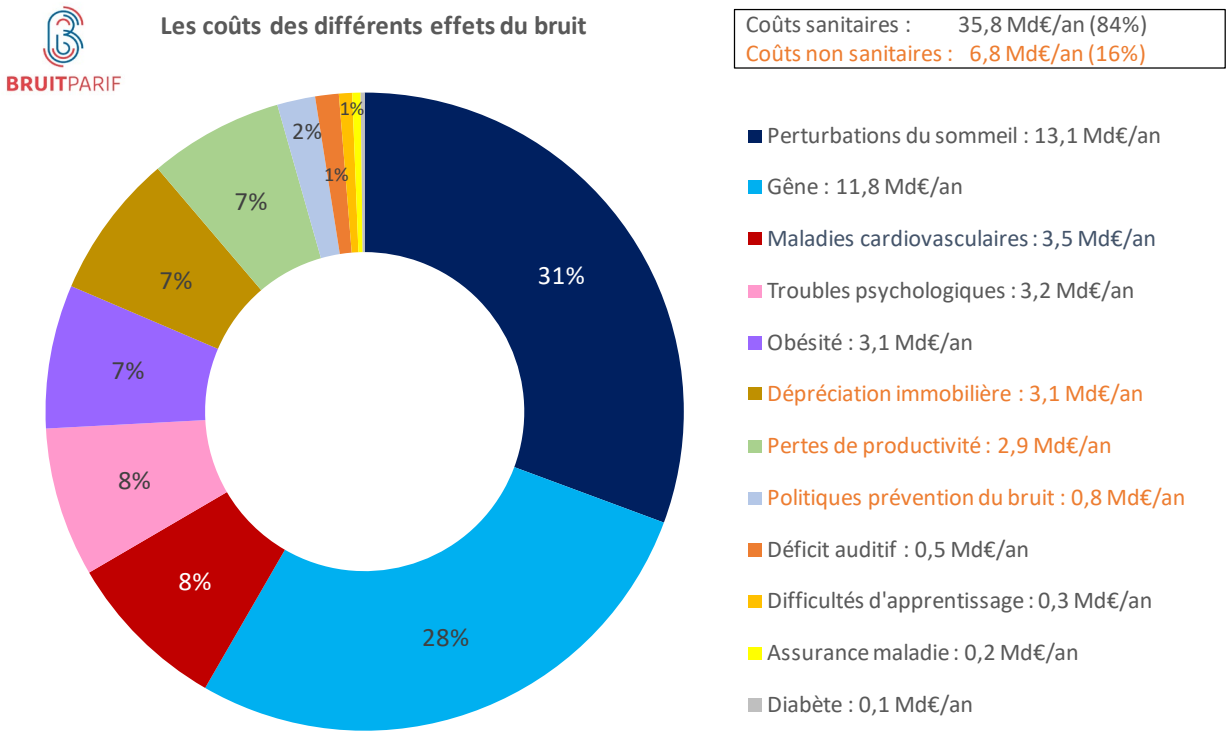

Figure 10 : Décomposition du coût social du bruit en Île-de-France par effet sanitaire ou économique

[97] *778 000 personnes, soit 7% de la population francilienne, consommeraient souvent des médicaments du fait des effets du bruit sur leur santé.*
[98] *112 nouveaux cas de surdité professionnelle liée au bruit chaque année.*
[99] *De l'ordre de 20 600 accidents du travail seraient causés par le bruit en Île-de-France chaque année.*
[100] *Nombre évalué autour de 13200 pour l'Île-de-France.*

6.3 PART DE L'ÎLE-DE-FRANCE

Du fait de sa forte concentration de population, d'infrastructures de transport et d'activités, l'Île-de-France représente **29% du chiffrage national du coût social du bruit** (147,1 Md€/an), soit une part très proche de celle (28%) qui avait été obtenue lors du chiffrage réalisé en 2016. Cette part régionale dans le chiffrage des coûts nationaux du bruit s'étend de 23% à 68% selon les sources de bruit (cf. figure 11).

Cette contribution importante de la région Île-de-France dans le chiffrage national du coût social du bruit est à rapprocher du poids économique de l'Île-de-France (30% du PIB national), qui est bien plus important que la part représentée par l'Île-de-France dans la population française métropolitaine (18%) ou même dans les emplois (23%).

Il convient toutefois de rappeler que certaines méthodologies utilisées dans le chiffrage régional diffèrent de celles utilisées dans le chiffrage national, ce qui a un impact sur les contributions trouvées.

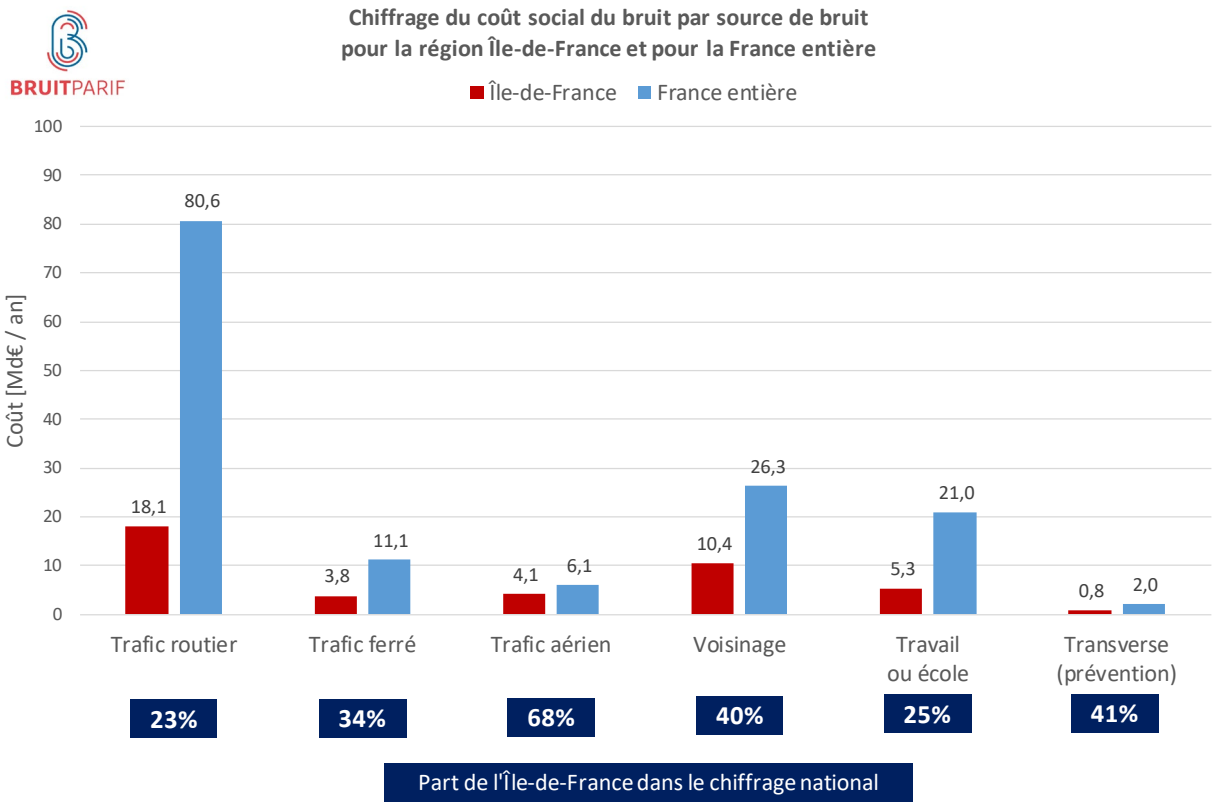

Figure 11 : Chiffrage du coût social du bruit par source pour la région Île-de-France et pour la France entière

6.3.1 Bruit des transports

Avec 9 millions de Franciliens exposés à des niveaux supérieurs à au moins une des valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé pour le bruit des transports, dont 1,7 million exposés à des niveaux supérieurs à au moins une valeur limite réglementaire (1,2 million du fait du bruit routier ; 0,1 du fait du bruit ferroviaire et 0,4 du fait du bruit aérien), l'Île-de-France concentre une forte proportion des expositions critique au bruit des transport évaluées au niveau de la France entière.

Concernant le bruit lié au trafic routier :

- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs recommandées par l'OMS** pour le bruit routier représente de l'ordre de **20% du chiffrage national** (8,7 millions de personnes en Île-de-France contre 43,7 millions au niveau de la France entière pour le dépassement de la recommandation de 53 dB(A) selon l'indicateur Lden et 8,3 millions contre 38,4 millions pour le dépassement de la recommandation de 45 dB(A) selon l'indicateur Lnight).

- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs limites** pour le bruit routier représente de l'ordre de **23% du chiffrage national selon l'indicateur Lden** (1,2 million contre 5,3 millions pour le dépassement de la valeur limite de 68 dB(A)) et près de **32% du chiffrage national pour la période de nuit** (508 000 contre 1,6 million pour le dépassement de la valeur limite de 62 dB(A) selon l'indicateur Lnight).

Concernant le bruit lié au trafic ferroviaire :

- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs recommandées par l'OMS** pour le bruit ferré représente de l'ordre de **35% du chiffrage national** (1,8 million contre 5 millions pour le dépassement de la recommandation de 54 dB(A) selon l'indicateur Lden et 2,5 millions contre 7,2 millions pour le dépassement de la recommandation de 44 dB(A) selon l'indicateur Lnight).
- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs limites** pour le bruit ferré représente de l'ordre de **36% du chiffrage national selon l'indicateur Lden** (70 000 contre 193 000 pour le dépassement de la valeur limite de 73 dB(A)) et **près de 43% du chiffrage national pour la période de nuit** (100 000 contre 235 000 pour le dépassement de la valeur limite de 65 dB(A) selon l'indicateur Lnight).

Concernant le bruit lié au trafic aérien :

- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs recommandées par l'OMS** pour le bruit du trafic aérien représente de l'ordre de **93% du chiffrage national selon l'indicateur Lden** (1,9 million contre 2,05 millions pour le dépassement de la recommandation de 45 dB(A)) et de l'ordre de **90% du chiffrage national selon l'indicateur Lnight** (1,2 millions contre 1,3 million pour le dépassement de la recommandation de 40 dB(A)).
- La part de l'Île-de-France dans la population exposée **au-delà des valeurs limites** pour le bruit du trafic aérien représente **79% du chiffrage national selon l'indicateur Lden** (376 200 contre 475 900 pour le dépassement de la valeur limite de 55 dB(A)) et **85% du chiffrage national pour la période de nuit** (104 800 contre 123 000 pour le dépassement de la valeur limite[101] de 50 dB(A) selon l'indicateur Lnight).

Du fait de ces fortes expositions, et en tenant compte également des modifications[102] apportées à la méthodologie d'évaluation à l'échelle francilienne, **le coût social du bruit des transports en Île-de-France s'élève à 26 Md€/an**, ce qui représente **27% du coût national** associé au bruit des transports (97,8 Md€/an), avec la répartition suivante :

- 18,1 Md€/an en lien avec le bruit routier, soit **23% du coût national du bruit routier** (80,6 Md€/an) ;
- 3,8 Md€/an en lien avec le bruit ferré, soit **34% du coût national du bruit ferré** (11,1 Md€/an) ;
- 4,1 Md€/an en lien avec le bruit aérien, soit **68% du coût national du bruit aérien** (6,1 Md€/an).

6.3.2 Bruit de voisinage

Avec 42% des Franciliens qui citent le **bruit de voisinage** comme première source de gêne à leur domicile, juste après le bruit des transports (cité à 49%)[103], l'Île-de-France présente un coût social du bruit de voisinage de 10,4 Md€/an, soit **40% du chiffrage national** (26,3 Md€/an) relatif à ce poste.

Ce coût se répartit de la manière suivante :

- 6,4 Md€/an en lien avec le bruit des particuliers, soit **36% du coût national du bruit des particuliers** (17,8 Md€/an) ;
- 1,6 Md€/an en lien avec le bruit des activités, soit **48% du coût national du bruit des activités**

[101] *Valeur limite nocturne pour le bruit du trafic aérien en cours d'introduction dans la réglementation à la date de rédaction de ce rapport.*

[102] *notamment la non-prise en compte à l'échelle francilienne de la mortalité cardiovasculaire liée au bruit du trafic aérien, contrairement à ce qui a été fait dans l'étude nationale*

[103] *Source : CRÉDOC, BRUITPARIF, 2017. Qualité de vie et nuisances sonores : opinion et comportements des Franciliens.*

(3,2 Md€/an) ;

- 2,4 Md€/an en lien avec le bruit des chantiers, soit **46% du coût national du bruit des chantiers** (5,3 Md€/an).

6.3.3 Bruit au travail ou à l'école

Le chiffrage régional du coût du **bruit au travail ou à l'école** qui atteint 5,3 Md€/an représente **25% du chiffrage national** (21 Md€/an).

Le bruit au travail représente un coût de 3,9 Md€/an en Île-de-France, soit **20% du coût national du bruit au travail** (19,6 Md€/an), ce qui est un peu plus faible que la part de l'Île-de-France dans les emplois (23%). Ceci s'explique par la part plus faible de travailleurs exposés au bruit sur leur lieu de travail en Île-de-France (23%) par rapport à la France entière (32%) d'après les résultats de l'enquête SUMER de 2017.

Le bruit à l'école représente un coût de 1,4 Md€/an en Île-de-France, soit **109% du coût du bruit à l'école qui a été estimé au niveau national** (1,3 Md€/an). Ceci s'explique en partie par le périmètre plus large des effets sanitaires considérés dans le chiffrage régional par rapport à ce qui a été fait dans l'étude nationale (notamment gêne ressentie par les élèves prise en compte au niveau régional alors qu'elle ne l'a pas été au niveau national).

6.3.4 Dépenses transversales

Le chiffrage régional **des dépenses transversales engagées en lien avec le traitement et la prévention du bruit** (0,8 Md€/an) représente enfin **41% du chiffrage national** (2 Md€/an) associé à ce poste.

6.4 ÉVOLUTION

Avec un chiffrage de 42,6 Md€/an, cette nouvelle étude vient donc réévaluer fortement à la hausse (+26,4 Md€/an soit +163%) l'estimation de 16,2 Md€/an que Bruitparif avait publiée en juin 2016[104]. Cette forte augmentation s'explique par deux facteurs d'évolution majeure par rapport à la précédente estimation : la mise à jour des méthodes d'évaluation et l'élargissement du périmètre d'étude.

6.4.1 Mise à jour des méthodes d'évaluation

Les méthodes d'évaluation ont évolué afin de tenir compte des nouvelles connaissances et recommandations.

1. La première évolution a concerné l'actualisation des courbes dose–réponse utilisées pour quantifier les effets du bruit des transports en termes de gêne, de perturbations du sommeil et de maladies cardiovasculaires ischémiques. Pour cela les nouvelles courbes dose-réponses publiées en octobre 2018 par l'OMS ont été utilisées pour le bruit routier et le bruit ferroviaire. Pour le bruit lié au trafic aérien, nous avons utilisé, pour la gêne et les maladies cardiovasculaires, les courbes élaborées à partir des résultats de l'étude DEBATS (Lefevre, 2020), (Evrard, 2020), qui ont l'avantage d'être adaptées à la situation française, cette étude épidémiologique récente ayant concerné les riverains de trois grands aéroports français (Paris-CDG, Toulouse Blagnac et Lyon Saint Exupéry). Nous avons par contre conservé la courbe dose-réponse publiée par l'OMS pour les perturbations du sommeil liées au bruit du trafic aérien, les résultats de l'étude DEBATS concernant les perturbations du sommeil n'ayant pas pu être intégrées à ce stade dans l'évaluation (voir explication donnée au chapitre 2.2.1.2). Ces nouvelles courbes dose-réponse ont réévalué à la hausse les impacts du bruit des transports sur la gêne et les perturbations du sommeil, notamment pour les bruits d'origine ferroviaire et aérien, par rapport aux précédentes courbes dose-réponse issues des travaux de Miedema qui avaient été utilisées dans l'étude de 2016.

[104] *BRUITPARIF, 2016. Note de synthèse sur le coût social du bruit en Île-de-France.*

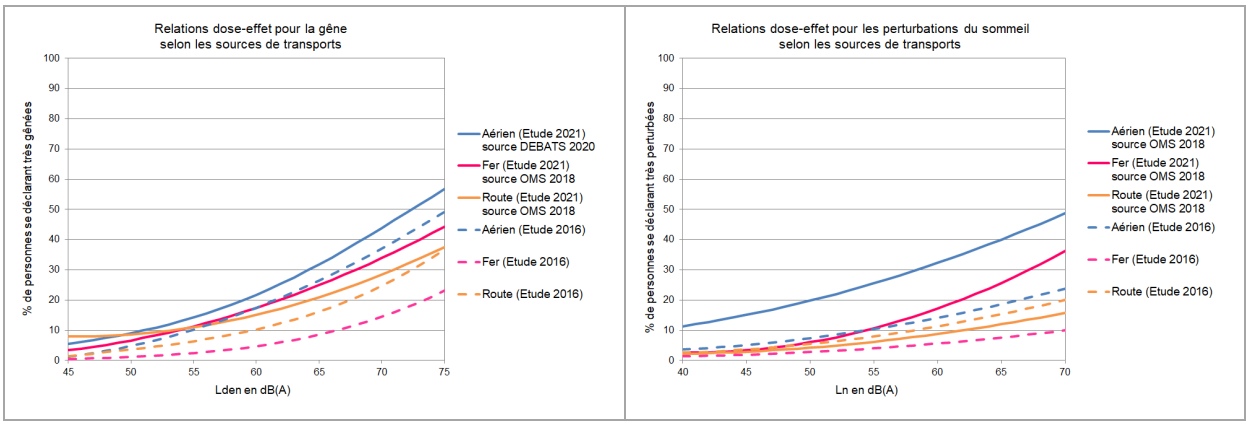

Figure 12 : Évolution des courbes dose-réponse utilisées pour caractériser les effets de la gêne et des perturbations du sommeil liées au bruit des transports entre les études de 2016 et 2021.

L'actualisation des courbes dose-réponse pour la gêne, les perturbations du sommeil et les maladies cardiovasculaires ischémiques s'est traduite par une augmentation du coût social du bruit de 2,2 Md€/an, à périmètre d'effets identiques à celui de l'étude de 2016.

2. La seconde évolution est liée aux modifications de certains paramètres économiques d'estimation. En premier lieu, le choix a été fait dans la présente étude de retenir comme valeur statistique d'une année de vie en bonne santé, la valeur proposée par la Commission Quinet pour l'évaluation socio-économique des investissements publics. Cette valeur d'une année de vie étant de 115 000 € en 2010 et en actualisant par le taux de croissance du PIB par habitant, elle s'établit à 132 000 € pour l'année 2020. L'étude de 2016 s'était quant à elle appuyée sur les recommandations de l'OMS qui estimait la valeur statistique d'une année de vie en bonne santé comprise entre 50 000 € et 100 000 € ; la valeur de 50 000 € avait ainsi été choisie selon une approche conservatrice (ce qui équivaut à une valeur de 54 000 € en 2020 en actualisant selon le même taux de croissance). Les méthodes d'estimation de certains coûts économiques (pertes de productivité et dépréciation immobilière) ont également changé par rapport à 2016.

Ces modifications de paramètres économiques d'estimation se sont traduits par une augmentation du coût social du bruit de 11,6 Md€/an, toujours à périmètre d'effets identique à celui de l'étude de 2016.

Au total, la mise à jour des méthodes d'évaluation (actualisation des courbes dose-réponse et modifications des paramètres économiques d'estimation) a fait évoluer le chiffre de 16,2 Md€/an à 30 Md€/an (+13,8 Md€/an / +85%).

6.4.2 Élargissement du périmètre d'étude

La présente étude porte sur un périmètre élargi par rapport à l'étude de 2016. En premier lieu, elle intègre de nouveaux effets sanitaires qui n'avaient pas été pris en considération dans l'étude de 2016, faute d'études scientifiques suffisamment probantes à l'époque. Il s'agit des effets désormais mieux documentés du bruit des transports sur l'obésité, sur l'hypertension, sur les troubles anxiodépressifs et, dans une moindre mesure, sur le diabète (peu d'études encore sur ce sujet), et également de la prise en compte de la gêne liée au bruit au travail et à l'école ainsi que des conséquences du déficit auditif causé par l'exposition professionnelle au bruit. En second lieu, l'étude tient compte d'une nouvelle source de bruit qui n'avait pas été considérée dans l'étude de 2016 : le bruit des chantiers de construction. Enfin, un nouveau poste de dépenses a été intégré, il s'agit des coûts liés aux dépenses de lutte contre le bruit.

Les impacts respectifs de ces trois modifications de périmètre sont les suivants :

a) Nouveaux effets sanitaires ; impact : +9,4 Md€/an se décomposant en :
   - Obésité (caractérisée pour le bruit routier) : +3,1 Md€/an
   - Maladies cardiovasculaires (notamment hypertension) caractérisées pour le bruit aérien : +1,3 Md€/an
   - Troubles anxiodépressifs (caractérisés pour le bruit routier) : +1,4 Md€

- Diabète (caractérisés pour le bruit routier et le bruit aérien) : +0,1 Md€
- Gêne caractérisée pour le bruit au travail ou à l'école : +3 Md€
- Déficit auditif lié au bruit au travail : +0,5 Md€/an

b) Nouvelle source d'exposition au bruit (chantiers) ; impact : +2,4 Md€/an.

c) Nouveau poste de dépenses : dépenses associées à la lutte contre le bruit ; impact : +0,8 Md€/an.

Au total, l'élargissement du périmètre d'étude a fait évoluer le chiffrage du coût social du bruit de 30 Md€/an à 42,6 Md€/an (+12,6 Md€/an / +42%).

6.4.3 Synthèse des évolutions

L'ensemble de ces évolutions (voir figure 13 ci-dessous) conduisent par rapport à l'étude de 2016 à une augmentation de 26,4 Md€/an, soit une réévaluation du coût total de 163%.

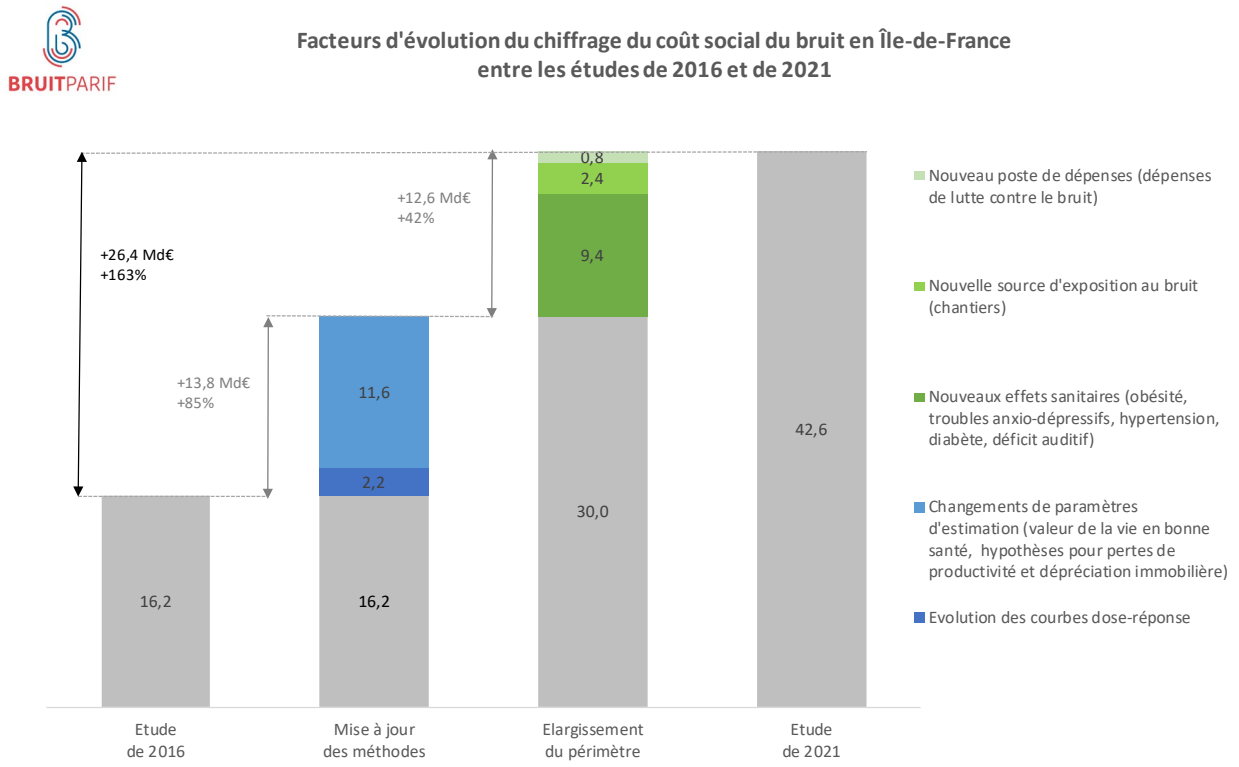

Figure 13 : Facteurs d'évolution du chiffrage du coût social du bruit en Île-de-France entre les études de 2016 et de 2021

6.5 QUALITÉ DES ÉVALUATIONS

Les données disponibles ainsi que les informations collectées au travers de l'analyse de la littérature scientifique ont permis de calculer l'ensemble des coûts liés aux différents impacts sanitaires et non sanitaires retenus dans le champ de l'étude, avec toutefois des niveaux de robustesse variables et un certain nombre de limites et incertitudes.

6.5.1 Niveaux de robustesse des évaluations

Trois niveaux de robustesse des évaluations ont pu être définis selon les méthodologies utilisées et la qualité des données disponibles :

- **Niveau élevé de robustesse**

  Les évaluations ont été réalisées à partir de données et de connaissances issues de la littérature scientifique qui sont robustes et spécifiques à l'impact étudié. C'est le cas par exemple des évaluations liées à la gêne et aux perturbations du sommeil, liées au bruit des transports.

- **Niveau moyen de robustesse**

  Il s'agit des évaluations réalisées :

  - Soit à partir de données et de connaissances issues de la littérature scientifique mais dont le niveau de preuve reste encore relativement limité compte tenu du nombre encore insuffisant d'études réalisées concernant l'impact étudié. C'est le cas par exemple des évaluations qui portent sur les maladies cardiovasculaires et les difficultés d'apprentissage liées au bruit des transports.
  - Soit à partir d'études et de données disponibles non scientifiques (résultats d'enquête ou de sondages par exemple) mais néanmoins spécifiques à l'impact étudié. C'est le cas par exemple des coûts qui ont pu être estimés à partir des résultats de l'enquête de perception des nuisances sonores par les Franciliens, publiée en 2017 par Bruitparif et le Crédoc.

- **Niveau faible de robustesse**

  Il s'agit des évaluations réalisées :

  - Soit à partir d'une seule étude scientifique, ce qui rend fragile la significativité des liens mis en évidence.
  - Soit à partir de transferts méthodologiques réalisés à partir de données et résultats disponibles pour une autre source de bruit.

La figure 14 page suivante présente le niveau de robustesse qui a pu être estimé pour chaque évaluation réalisée, en précisant les sources méthodologiques et en soulignant par ailleurs les cas où des différences significatives ont été apportées dans les calculs réalisés dans le chiffrage régional par rapport à ceux mis en œuvre au niveau national.

Evaluation non adaptée	Pas d'études ni de données disponibles	Absence de lien statistique significatif

Niveau de robustesse des évaluations	Elevé	Moyen	Faible

Différence significative de méthodologie par rapport à l'étude nationale

Île-de-France		Gêne	Perturbations du sommeil	Maladies cardiovasculaires	Troubles de la santé mentale	Obésité	Diabète de type 2	Difficultés d'apprentissage	Déficit auditif	Assurance maladie	Dépréciation immobilière	Perte de productivité	Dépenses de lutte contre le bruit
Transports	Routier	OMS 2018	OMS 2018	OMS 2018 (CPI et AVC)	Lan, 2020	Foraster, 2018	Eze, 2017	Exposition Ecophon 2019 Transfert courbe dose réponse bruit aérien		Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication Données observatoire suisse + SCANsanté pour hospitalisation	Beimer, 2017	Hafner, 2017	
	Ferré	OMS 2018	OMS 2018	OMS 2018 (CPI)				Exposition Ecophon 2019 Transfert courbe dose réponse bruit aérien		Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication Données observatoire suisse + SCANsanté pour hospitalisation	Sedoarisoa, 2017	Hafner, 2017	
	Aérien	DEBATS 2020	OMS 2018	OMS 2018 (CPI) DEBATS 2020 (pour HTA)			Eze, 2017	Stansfeld, 2005		Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication Données observatoire suisse + SCANsanté pour hospitalisation	Sedoarisoa, 2017	Hafner, 2017	
Milieu professionnel	Travail	Enquête CREDOC/Bruitparif 2017							de Vervasdoué, 2016	Indemnisation surdités professionnelles : Données DGT 2018 Accidents du travail : Données DARES 2007 et etude SUMER 2017		Si, 2020	
	Scolaire	Enquête CiDB/Bruitparif 2009						Exposition Ecophon 2019 Transfert courbe dose réponse bruit aérien					
Voisinage	Particuliers	Enquête CREDOC/Bruitparif 2017	Enquête CREDOC/Bruitparif 2017		Jensen, 2018					Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication	Formulation d'hypothèses arbitraires	Hafner, 2017	
	Activités	Enquête CREDOC/Bruitparif 2017	Enquête CREDOC/Bruitparif 2017		Jensen, 2018					Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication	Formulation d'hypothèses arbitraires	Hafner, 2017	
	Chantiers	Hypothèses pour exposition Courbe dose-réponse étude Liu 2017	Extrapolation méthode bruit routier	Extrapolation méthode bruit routier	Extrapolation méthode bruit routier					Enquête CREDOC/Bruitparif 2017 pour médication Données observatoire suisse + SCANsanté pour hospitalisation		Hafner, 2017	
Transverse													Budgets

Figure 14 : Niveaux de robustesse des évaluations

6.5.2 Facteurs d'incertitudes

À chaque étape de la démarche d'évaluation des coûts résident des incertitudes. Plusieurs facteurs d'incertitudes ont pu être identifiés. Ils sont décrits ci-après.

6.5.2.1 Données d'exposition

Pour le bruit des transports, les estimations reposent sur l'utilisation de données d'exposition issues des cartographies produites en application de la directive européenne 2002/49/CE.

La qualité des estimations est très dépendante des données d'entrée (trafics, vitesses, revêtements de chaussée, murs anti-bruit, topographie, etc.). Les sources d'imprécision sont donc potentiellement nombreuses. Les comparaisons qui ont pu être faites entre les données des cartes stratégiques de bruit et les mesures effectuées sur le terrain indiquent généralement des écarts variant dans la gamme de +/- 3 dB(A), ce qui correspond à une multiplication / division par deux de l'énergie sonore.

Qui plus est, la méthode de calcul de l'exposition de la population (qui a été utilisée dans le cadre de la mise en œuvre de l'échéance 3 de la directive européenne) consiste à affecter à la population d'un bâtiment les niveaux de bruit les plus élevés estimés à 4 mètres du sol et à 2 mètres en avant de la façade du bâtiment (en ayant au préalable retranché 3 dB(A) aux valeurs calculées pour ne pas prendre en compte la dernière réflexion du son sur la façade). Cette méthode d'affectation apparaît majorante dans la mesure où il n'est pas tenu compte de la disposition des pièces, de la présence ou de l'absence d'une façade calme, de la variation verticale des niveaux sonores, ni même des différences de performances d'isolation acoustique entre logements.

Un calcul théorique a été réalisé sur les conséquences d'une erreur de +/-3 dB(A) faite sur les niveaux d'exposition au bruit, sur l'évaluation du coût social du bruit des transports en Île-de-France. Celui-ci varierait dans une gamme de +/- 25% autour de la valeur calculée dans la présente étude.

En ce qui concerne les autres sources de bruit, il n'existe pas de données précises de quantification des expositions, et des estimations ont par conséquent dû être faites à partir d'hypothèses jugées crédibles mais néanmoins arbitraires. Les estimations portant sur le coût social du bruit de voisinage notamment reposent principalement sur des résultats issus d'enquêtes de perception.

6.5.2.2 Relations dose-réponse

Pour l'élaboration de ses lignes directrices parues en octobre 2018, l'OMS a procédé à une revue complète de la littérature scientifique publiée avant 2014 concernant les effets du bruit, en évaluant systématiquement les résultats des différents travaux et études épidémiologiques pris en compte et leurs incertitudes en considérant les critères suivants :

- qualité des études utilisées (le choix des critères doit être clairement énoncé) ;
- exhaustivité du recensement des études ;
- qualité de l'estimation des expositions et la temporalité ;
- convergence des résultats ;
- possibilité de transposer les résultats à la population à laquelle on souhaite appliquer la relation exposition / risque ;
- plausibilité biologique.

Selon ces critères, l'OMS a sélectionné des relations dose-effet, lorsque les preuves scientifiques étaient considérées comme suffisamment solides, ce qui est le cas pour la gêne, les perturbations du sommeil et les cardiopathies ischémiques liées au bruit des transports. Ces relations comportent toutefois des incertitudes importantes liées aux intervalles de confiance résultant de la variabilité des résultats issus des études épidémiologiques.

Pour la gêne notamment, l'OMS mentionne dans son rapport que la revue des preuves scientifiques ne permet pas de fournir une relation généralisée dose-réponse du fait de la forte hétérogénéité des études et du fait que la gêne est dépendante du contexte local et des cultures. L'OMS considère toutefois que

les relations dose-réponse proposées dans son rapport peuvent être utilisées par défaut, mais encourage néanmoins l'utilisation de courbes dose-réponse issues d'études locales dès que cela est possible. C'est ce qui a été fait dans la présente étude avec l'utilisation de la courbe dose-réponse pour la gêne liée au bruit du trafic aérien issue du programme national DEBATS, qui est adaptée à la situation française puisque l'étude a été menée autour de trois aéroports français (Paris-CDG, Toulouse-Blagnac et Lyon Saint Exupéry).

En complément des relations dose-réponse proposées par l'OMS, d'autres relations issues de travaux scientifiques postérieurs à 2014 ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Il s'agit par exemple des résultats issus du programme DEBATS concernant le lien trouvé entre hypertension chez les hommes et exposition au bruit du trafic aérien ou encore de premières études publiées portant sur les liens entre l'exposition au bruit et les troubles psychologiques, l'obésité ou le diabète de type 2. Pour ces relations dose-réponse, le niveau de preuve est considéré moindre que pour la gêne et les perturbations du sommeil, compte tenu du manque d'études et de convergence des résultats.

6.5.2.3 Insonorisation des logements

Les relations dose-effet utilisées ont été établies pour des niveaux de bruit estimés à l'extérieur, compte tenu du fait que la plupart des études épidémiologiques ont étudié les relations entre les effets sanitaires causés à des populations avec les niveaux de bruit mesurés ou modélisés à l'extérieur de leur logement. Les différences moyennes entre les niveaux de bruit à l'extérieur et à l'intérieur des logements peuvent être considérées de l'ordre de 10 dB lorsque les fenêtres sont ouvertes, de 15 dB lorsque les fenêtres sont entrebâillées et de 25 dB lorsqu'elles sont fermées. Les relations dose-effet sont fondées sur l'intégration indirecte de ces valeurs moyennes statistiques de différences d'exposition extérieure/intérieure.

Toutefois, pour les logements bénéficiant d'une isolation acoustique plus performante (30 à 35 dB), notamment ceux ayant bénéficié d'aide à l'insonorisation au sein des zones inscrites dans les plans de gêne sonore (PGS) des aéroports, l'application des courbes dose-réponse telles que proposées par l'OMS majore probablement les effets sanitaires par rapport à la situation réelle.

Faute de données précises permettant d'identifier finement les logements disposant de performances renforcées d'isolation acoustique, le choix a été fait d'appliquer les relations dose-effet uniformément. Nous attirons donc l'attention du lecteur sur ce point de potentielle surévaluation de certains effets, notamment au sein des zones ayant bénéficié de programme d'aide à l'insonorisation. On notera toutefois que l'évaluation de la gêne et de l'hypertension liées au bruit du trafic aérien a été faite à partir des relations dose-effet issues des résultats de l'étude DEBATS qui a concerné des individus résidant au sein de logements qui ont pu bénéficier, pour certains, d'une insonorisation renforcée dans la mesure où l'étude a été réalisée autour de trois aéroports français dotés d'un PGS.

6.5.2.4. Facteurs d'incapacité

L'OMS recommande d'évaluer la morbidité liée au bruit environnemental à travers le calcul de l'indicateur synthétique des années de vie en bonne santé perdue (DALY – Disability Adjusted Life Years) selon la méthode préconisée dite GBD (Global Burden of Disease). Dans ce calcul, le choix du facteur d'incapacité a une forte influence sur les résultats.

Les incertitudes qui pèsent sur les facteurs d'incapacité utilisés dans la présente étude peuvent être très importantes, certains facteurs d'incapacité ayant même été estimés de manière arbitraire (cas du facteur DW pour l'obésité estimé à partir des coefficients DW de différents effets associés à l'obésité). L'OMS propose de retenir la valeur DW de 0,02 pour la gêne, selon une approche conservative, dans la mesure où la plage d'incertitude varie entre 0,01 à 0,12. L'OMS reconnaît également que la valeur proposée pour l'hypertension (DW : 0,117) est particulièrement incertaine et correspond à une approche conservative, dans la mesure où aucun DW général n'est disponible dans la littérature, l'hypertension étant principalement considérée comme un facteur de risque important et non comme un résultat de santé en soi. La valeur de 0,117 correspond en fait à la valeur trouvée pour les épisodes d'hypertension pendant

la grossesse. La valeur du facteur DW prise pour les troubles des apprentissages de 0,006, telle que préconisée par l'OMS, apparaît également particulièrement prudente dans la mesure où l'on peut trouver des valeurs de déficiences cognitives chez l'enfant allant de 0,468 pour l'encéphalite japonaise à 0,024 pour l'anémie ferriprive.

6.5.2.5 Multi-exposition au bruit

Dans son rapport d'octobre 2018, l'OMS fait le constat d'un manque de connaissances relatives aux effets de la multi-exposition à plusieurs sources de bruit simultanément ou à la co-exposition au bruit et à d'autres nuisances environnementales (pollution de l'air par exemple), la plupart des études épidémiologiques et biologiques ne s'intéressant qu'aux effets sanitaires d'une exposition à une seule source de bruit.

Or, de nombreuses personnes au sein de l'Île-de-France sont concernées par une multi-exposition au bruit de plusieurs sources de transports. L'OMS indique qu'il y a une potentialité, dans ce type de cas, de double compte. Toutefois elle ne propose pas de méthode opérationnelle pour traiter des effets sanitaires combinés d'une exposition à plusieurs sources de bruit (addition des effets ou prise en compte d'un phénomène de masquage par la source de bruit ayant l'effet le plus marqué).

Dans la présente étude, nous avons fait le choix, pour la présentation des résultats, de cumuler les coûts des trois sources de bruit des transports, sachant qu'il s'agit là d'une probable surévaluation. Nous attirons donc l'attention du lecteur sur ce point.

Un calcul parallèle des impacts sanitaires du bruit a toutefois été effectué en ne retenant, pour chaque population associée à un bâtiment, que la valeur maximale des effets sanitaires calculés pour les trois sources de bruit. Le résultat de ce calcul permet de déterminer l'impact sanitaire du bruit au sein de la population sans tenir compte des effets potentiellement cumulatifs liés à la multi-exposition et correspond donc à un minorant de l'estimation. Le chiffrage ainsi réalisé produit une estimation de 20% inférieur à celui réalisé dans la présente étude en cumulant les coûts associés aux trois sources de bruit des transports. La valeur « vraie » doit probablement se situer entre ces deux valeurs.

6.5.2.6 Valeur statistique d'une année de vie

De manière simple, la conversion des années de vie en bonne santé perdue (DALY) en chiffres monétaires consiste à multiplier le nombre de DALY par la « valeur statistique économique d'une année de vie » (VSLY[105]). Cette méthode d'estimation a déjà été exploitée par la Commission Européenne, l'OCDE[106], et certains pays dans le domaine de l'environnement et de la santé publique.

Le processus de quantification des coûts économiques des impacts sur la santé du bruit est relativement complexe car la valeur VSLY varie considérablement, non seulement selon les périodes, mais également selon les pays, les régions, le PIB, mais aussi selon les auteurs des études (pour des problématiques comparables). En outre, selon le sujet de l'étude, la valeur VSLY peut différer sensiblement. Par exemple, une valeur VSLY pour les maladies respiratoires, qui découlent de la pollution de l'air, peut être très différente de celle associée aux accidents de la circulation. Le territoire d'étude affecte aussi directement la valeur VSLY en raison des disparités de revenus, de services de santé, d'attitudes envers pratiquement chaque aspect de la vie, des perceptions sociales et personnelles.

Ainsi, les valeurs VSLY trouvées dans la littérature scientifique varient de 25 000 à 150 000 €.

Pour cette évaluation, le choix a été fait de retenir comme valeur statistique d'une année de vie, la valeur proposée par la Commission Quinet pour l'évaluation socio-économique des investissements publics et de suivre ainsi les recommandations nationales. Cette valeur d'une année de vie étant de 115 000 € en 2010 et en actualisant par le taux de croissance du PIB par habitant, elle s'établit à 132 000 € pour l'année 2020, soit une valeur qui appartient à la fourchette haute des valeurs trouvées dans la littérature scientifique.

[105] *VSLY : Value of Statistical Life Year.*
[106] *OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques.*

6.5.3 Limites

L'évaluation conduite dans le cadre de cette étude comporte par ailleurs un certain nombre de limites, certains effets du bruit n'ayant pas été considérés.

Ainsi, certains effets sanitaires n'ont pas pu être intégrés à ce stade dans l'étude bien qu'il semblerait que le bruit puisse jouer un rôle. De récentes études[107] indiquent ainsi l'existence d'un lien entre l'exposition de long-terme au bruit et le risque de développement de la maladie d'Alzheimer, du fait du déclin cognitif favorisé par la gêne et les perturbations du sommeil causées par le bruit.

Certaines conséquences économiques du bruit n'ont pas été traitées non plus dans le cadre de la présente étude, faute de méthodologie disponible pour les évaluer. Il en va par exemple du coût associé à la perte de liberté dans l'usage des sols générée par l'exposition au bruit : du fait de certaines réglementations limitant la construction à proximité d'une source de bruit, notamment autour des aéroports, ou du fait de la réduction de l'attractivité d'un territoire à cause des nuisances sonores, certaines zones deviennent inexploitables pour la construction résidentielle ou pour l'installation d'une activité économique.

Enfin, la présente étude s'est concentrée sur les conséquences du bruit sur la santé humaine et l'économie, et n'a pas été élargie aux autres écosystèmes. Cependant, il est reconnu[108] que le bruit a aussi des conséquences importantes sur la biodiversité, et notamment sur les animaux qui peuvent avoir des difficultés à communiquer à cause de la pollution sonore, qui peuvent voir leur capacité de survie et leur comportement se modifier, ou encore dont le métabolisme peut être affecté. Il est raisonnable de supposer que les conséquences du bruit sur les écosystèmes ont un coût important, notamment en perturbant leur équilibre et leur état de santé, et indirectement en affectant les services écosystémiques qui peuvent être rendus, par exemple dans le cas des secteurs agricoles et touristiques.

[107] *Weuve & al, 2020. Long-term community noise exposure in relation to dementia, cognition, and cognitive decline in older adults, Alzheimer's & Dementia.*
[108] *Bruitparif, 2020. Rapport bruit et biodiversité.*

7. CONCLUSION

Un premier chiffrage du coût social du bruit en Île-de-France avait été établi par Bruitparif en 2016 en déclinant les éléments méthodologiques de l'étude nationale réalisée en 2016[109] par EY pour le compte de l'ADEME, en collaboration avec le CNB. Ce chiffrage avait ainsi établi à 16,2 Md€/an le coût social du bruit en Île-de-France, soit 28% du coût total national chiffré à en 2016.

La présente étude a visé à actualiser cette estimation sur la base des nouvelles connaissances et des nouvelles données et études disponibles, tout en élargissant le champ de l'analyse à une nouvelle source de bruit (chantiers), à de nouveaux effets sanitaires (obésité, troubles anxiodépressifs, hypertension, diabète de type 2, déficit auditif) et à un nouveau poste de coûts (dépenses liées à la lutte contre le bruit). Pour ce faire, les méthodologies proposées dans la récente étude[110] publiée par l'ADEME en collaboration avec le CNB ont été déclinées, parfois en les retravaillant, et ont été adaptées aux connaissances et études disponibles à l'échelle francilienne.

Suite à cette actualisation, le coût social du bruit en Île-de-France s'élève désormais à 42,6 Md€/an et représente 29% du chiffrage réalisé au niveau national. Ce coût se décompose comme suit :

- Bruit des transports : Le coût social du bruit des transports s'élève à 26 Md€/an et représente 62% du chiffrage régional. Le trafic routier est le premier responsable du coût social du bruit des transports : au total, 18,1 Md€/an des coûts sociaux sont générés par ce seul mode de transport. Les trafics aérien et ferroviaire sont quant à eux responsables de 4,1 et 3,8 Md€/an respectivement.
- Bruit de voisinage : Les coûts sociaux générés par le bruit des particuliers, des activités et des chantiers de construction s'élèvent à 10,4 Md€/an, soit 24% du chiffrage régional. 62% de ces coûts sont liés au bruit des particuliers (6,4 Md€/an), 23% au bruit des chantiers (2,4 Md€/an) et 15% au bruit des activités (1,6 Md€/an).
- Bruit au travail et à l'école : Le coût social du bruit au travail et à l'école représente un coût total d'environ 5,3 Md€/an, soit 12% du chiffrage régional. Le bruit au travail compte pour 74% (3,9 Md€/an) et le bruit à l'école pour 26% (1,4 Md€/an).
- Aux coûts sociaux liés aux différentes sources de bruit s'ajoutent les dépenses transversales en lien avec les politiques de lutte contre le bruit, estimées à environ 0,8 Md€/an, et représentant près de 2% du total régional.

Un certain nombre d'estimations réalisées dans le cadre de cette étude sont toutefois à considérer avec précaution du fait du manque de données, des facteurs d'incertitudes ou de l'utilisation de connaissances encore fragiles. Certains effets sanitaires du bruit qui ont été intégrés dans l'étude restent ainsi encore insuffisamment documentés et nécessiteraient d'être davantage étudiés afin d'affiner la connaissance des relations dose-effet. C'est le cas par exemple des perturbations du système métabolique (obésité, diabète de type 2), des maladies cardiovasculaires (cardiopathies ischémiques, AVC et hypertension notamment) ou des troubles psychologiques générés par le bruit. Le chiffrage des coûts sociaux du bruit de voisinage, du bruit au travail ou à l'école nécessiterait par ailleurs la réalisation d'études complémentaires afin d'améliorer les estimations.

L'évaluation conduite dans le cadre de cette étude comporte par ailleurs un certain nombre de limites, certains effets du bruit (développement de la maladie d'Alzheimer, perte d'usage des sols, effets du bruit sur la biodiversité) n'ayant pas été considérés à ce stade faute de méthodologie ou de données pour les évaluer.

[109] https://www.ademe.fr/analyse-bibliographique-travaux-francais-europeens-coût-social-pollutions-sonores.

[110] *ADEME, I CARE & CONSULT, ÉNERGIES DEMAIN, DOUILLET Maia, SIPOS Gala, DELUGIN Léna, BULLIOT Benoît, REMONTET Lucas, BIDAULT Elsa. 2021. Estimation du coût social du bruit en France et analyse de mesures d'évitement simultané du bruit et de la pollution de l'air. 80 pages. Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/*

Cette étude ouvre toutefois un vaste champ prospectif dans le domaine de l'appropriation des enjeux que représente l'amélioration de l'environnement sonore à l'échelle de l'Île-de-France. Elle fournit ainsi des éléments consolidés qui peuvent désormais être utilisés pour comparer le coût financier des mesures de prévention et d'atténuation du bruit avec les bénéfices sociaux qui en découlent en termes d'amélioration du bien-être de la population et de coûts évités pour la collectivité dans son ensemble.

La systématisation des analyses coûts bénéfices dans le domaine de la lutte contre le bruit permettra de mettre en lumière toute la pertinence qu'il y a à engager des actions de réduction du bruit ou de préservation de l'environnement sonore, les bénéfices sociaux apportés étant généralement très largement supérieurs aux coûts des investissements nécessaires, d'autant que les solutions mises en œuvre présentent bien souvent des co-bénéfices avec d'autres enjeux écologiques ou sociaux.

ANNEXE

Courbes dose-réponse, risques relatifs et odd-ratios sélectionnés pour l'estimation des coûts sanitaires du bruit

Effet sanitaire	Facteur d'incapacité	Source de bruit	Courbe dose-réponse, risque relatif (RR) ou odd ratio (OR)	Source
Gêne	0,02 (WHO, 2018)	Route	$\frac{78{,}927 - 3{,}1162 \times L_{den} + 0{,}0342 \times L_{den}^2}{100}$	(WHO, 2018)
		Rail	$\frac{38{,}1596 - (2{,}05538 * L_{den}) + \left(0{,}0285 * \left(L_{den}^2\right)\right)}{100}$	(WHO, 2018)
		Aéroport	$\frac{exp(-3{,}101 - 4{,}356 + 0{,}103 * L_{den})}{1 + exp(-3{,}101 - 4{,}356 + 0{,}103 * L_{den})}$	(Lefèvre, 2020)
		Chantiers		
Perturbations du sommeil	0,07 (WHO, 2018)	Route, chantiers *(par approximation avec le bruit routier)*	$\frac{19{,}4312 - (0{,}9336 * L_n) + \left(0{,}0126 * (L_n^2)\right)}{100}$	(WHO, 2018)
		Rail	$\frac{67{,}5406 - (3{,}1852 * L_n) + (0{,}0391 * L_n^2)}{100}$	(WHO, 2018)
		Aéroport	$\frac{16{,}7885 - (0{,}9293 * L_n) + (0{,}0198 * L_n^2)}{100}$	(WHO, 2018)
Cardiopathies ischémiques	0,405 (WHO, 2018)	Route, chantiers *(par approximation avec le bruit routier)*	$RR = exp(ln(1{,}08)/10 \times (L_{den} - 53))$ si $L_{den} \geq 53\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 53\ dB$	(WHO, 2018)
		Aéroport	$RR = exp(ln(1{,}09)/10 \times (L_{den} - 45))$ si $L_{den} \geq 45\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 45\ dB$	(WHO, 2108)
		Rail *(par approximation avec le bruit aérien)*	$RR = exp(ln(1{,}09)/10 \times (L_{den} - 45))$ si $L_{den} \geq 45\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 45\ dB$	(WHO, 2018)
AVC	0,316 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)	Route	$RR = exp(ln(1{,}14)/10 \times (L_{den} - 50))$ si $L_{den} \geq 50\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 50\ dB$	(WHO, 2018)
Hypertension chez les hommes	0,117 (WHO, 2018)	Aéroport	$RR = exp(ln(1{,}48)/10 \times (L_{den} - 45))$ si $L_{den} \geq 45\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 45\ dB$	(Evrard, 2020)

Troubles de la santé mentale	0,145 *(par approximation avec les troubles dépressifs)* (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)	Route, chantiers *(par approximation avec le bruit routier)*	$OR = 1{,}08$ pour une augmentation de 10 dB(A) en L_{den} (par approximation à partir de l'anxiété)	(Lan, 2020)
		Particuliers et activités	$OR = 2{,}34$ pour une augmentation de 10 dB(A) en L_{den}	(Jensen, 2018)
Obésité	0,10 *(moyenne pondérée de DW des effets sanitaires de l'obésité)* (OECD, 2019)	Route	$RR = exp(ln(1{,}25)/10 \times (L_{den} - 53))$ si $L_{den} \geq 53\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 53\ dB$	(Foraster , 2018)
Diabète	0,049 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)	Route	$RR = exp(ln(1{,}35)/10 \times (L_{den} - 53))$ si $L_{den} \geq 53\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 53\ dB$	(Eze, 2017)
		Aéroport	$RR = exp(ln(1{,}86)/10 \times (L_{den} - 45))$ si $L_{den} \geq 45\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 45\ dB$	(Eze, 2017)
Difficultés d'apprentissage	0,006 (WHO, 2018)	Aéroport, établissement scolaire *(par approximation avec le bruit aérien)*	$\frac{1}{1 + exp\left(-\left(ln\left(\frac{0{,}1}{0{,}9}\right) + \left(\frac{ln(1{,}38)}{10} * (L_{den} - 50)\right.\right.\right.}$	(Stansfeld, 2005)
Mortalité liée aux cardiopathies ischémiques		Route, chantiers *(par approximation avec le bruit routier)*	$RR = exp(ln(1{,}05)/10 \times (L_{den} - 53))$ si $L_{den} \geq 53\ dB$, and $RR = 1$ si $L_{den} < 53\ dB$	(WHO, 2018)
Médication		Route, particuliers, activités et chantiers *(par approximation avec le bruit routier)*	$OR = 1{,}41$ pour une augmentation de 10 dB(A) en L_{den}	(Okokon, 2018)

LE COÛT SOCIAL DU BRUIT EN ÎLE-DE-FRANCE

RAPPORT D'ÉTUDE

NOVEMBRE 2021

BRUITPARIF
CENTRE D'ÉVALUATION TECHNIQUE
DE L'ENVIRONNEMENT SONORE EN ÎLE-DE-FRANCE

Axe Pleyel 4 – B104
32 boulevard Ornano
93200 Saint-Denis

01 83 65 40 40

demande@bruitparif.fr

BRUITPARIF