

# **ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE DES TRAVAUX FRANÇAIS ET EUROPEENS**

## **LE COÛT SOCIAL DES POLLUTIONS SONORES**

Mai 2016

Étude réalisée pour le compte du CNB et de l'ADEME par  
**EY (*anciennement Ernst & Young*)**



## Liste des contributeurs

Conseil National du Bruit (CNB) | MM. Gérard Cambon, René Gamba et Mathias Meisser

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) | M. Patrice André, Service Organisations Urbaines

EY | MM. Eric Mugnier, Cyrus Farhangi et Bastien Peyrat

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer | M. Pascal Valentin, Direction Générale de la Prévention des Risques

Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB) | M. Dominique Bidou

Bruitparif | Mme Fanny Mietlicki

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) | Mme Marie-Paule Thaveau

Experts indépendants en acoustique | MM. Prof. Ståle Navrud et Arno Schroten

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Résumé de l'étude.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Pourquoi une étude sur le coût social du bruit ? .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Comprendre les études du coût social du bruit : définitions et éléments de glossaire.....</b>	<b>16</b>
3.1	Les origines du bruit .....	16
3.2	La mesure du niveau sonore.....	17
<b>4</b>	<b>Quels sont les coûts sociaux du bruit ?.....</b>	<b>19</b>
4.1	Les effets du bruit sur un être humain .....	19
4.2	Les coûts sociaux subis par les entreprises.....	22
4.3	Les coûts subis par les services publics et le contribuable.....	22
4.4	Les coûts subis par le patrimoine et la nature .....	22
<b>5</b>	<b>Les coûts sociaux quantifiés dans les travaux de recherche existants.....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Les méthodes et modèles économiques permettant de mesurer le coût social du bruit .....</b>	<b>27</b>
6.1	Quantifier le nombre d'individus exposés au bruit.....	27
6.2	La monétisation du coût social du bruit : avantages et limites.....	28
6.3	Comment est monétisé le coût social du bruit pour un individu exposé.....	28
6.4	La valeur à accorder aux résultats quantitatifs de la présente étude .....	31
<b>7</b>	<b>Résultats de l'estimation des coûts sociaux des pollutions sonores .....</b>	<b>32</b>
7.1	Bruit des transports.....	33
7.2	Bruit en milieu professionnel.....	42
7.3	Bruit de voisinage.....	49
<b>8</b>	<b>Annexe : détails de la revue bibliographique portant sur le coût social du bruit des transports.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>57</b>

## Abréviations et acronymes

ACNUSA	.....	Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroporutaires
ADEME	.....	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie
ANACT	.....	Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail
CEB	.....	Courbe d'Exposition au Bruit
CEREMA	.....	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CIDB	.....	Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit
CNB	.....	Conseil National du Bruit
CSNA	.....	Collectif Santé et Nuisances Aériennes
DEFRA	.....	Department for Environment Food and Rural Affairs
DGAC	.....	Direction Générale de l'Aviation Civile
EEA	.....	European Environment Agency (Agence Européenne pour l'Environnement)
IGCB	.....	Interdepartmental Group on Costs and Benefits (inclus dans le DEFRA)
INSEE	.....	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
INRS	.....	Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
NSDI	.....	Noise Sensitivity Depreciation Index
OMS	.....	Organisation Mondiale de la Santé
PGS	.....	Plan de Gêne Sonore
PEB	.....	Plan d'Exposition au Bruit
REACH	.....	Registration, Evaluation, Authorisation & restriction of CHemicals

## Liste des figures

Figure 1: Les populations exposées en France au bruit des transports .....	9
Figure 2: Synthèse des coûts sociaux annuels des pollutions sonores en France .....	12
Figure 3 : Coût social du bruit des transports par couple type d'impact - origine du bruit (en millions d'euros) .....	40
Figure 4: La gêne liée au bruit de voisinage tout aussi durement ressentie que la gêne liée au bruit des transports: résultats du sondage IFOP "les Français et le bruit" .....	50

## Liste des tableaux

Tableau 1: Périmètre des coûts sociaux du bruit dans les travaux existants (quantifiés ou non).....	25
Tableau 2 : Coût de la gêne et des troubles du sommeil induits par le bruit des différents transports, par personne et par an, par tranche de 5 dB(A) (valeurs pour la France).....	33
Tableau 3: Résumé du coût global direct de la surdité professionnelle exprimée en Euros 2014 (Dominique Chamonard, Coût économique et social du bruit en milieu industriel, Groupe de recherche e.b.m, 1977)...	44
Tableau 4: Valeurs du Noise Sensitivity Depreciation Index issues des études traitant de la méthode des prix hédoniques (pourcentage de dépréciation par dB supplémentaire) .....	53
Tableau 5 : Coûts unitaires de la gêne liée au bruit des transports par personne par dB par an (�2014, valeurs pour la France) .....	53
Tableau 6 : Coût marginal sur la santé du bruit des transports par personne par an, par tranche de 5 dB (� 2014, valeurs pour la France).....	54

# 1 RESUME DE L'ETUDE

La mesure du coût social du bruit permet d'apporter des valeurs économiques de référence en vue de nourrir une analyse plus globale des coûts et des bénéfices de politiques et de projets de réductions des nuisances sonores (ex. revêtements routiers, murs anti bruit, isolations de façades, capotage de matériel, sensibilisation des citoyens aux comportements vertueux, etc.). A ce jour cependant, l'évaluation du coût social du bruit en France reste imprécise et parcellaire.

Le Conseil National du Bruit, dans son projet de programme de travail adopté en septembre 2013 a ainsi inscrit le sujet de « l'approche économique du bruit » et notamment l'évaluation des coûts induits par le bruit. La présente étude s'inscrit dans le cadre de ces travaux, et a pour objectif de consolider et d'améliorer les connaissances des décideurs publics et privés sur les conséquences financières directes et indirectes de l'exposition au bruit.

La méthodologie de la présente étude repose sur une analyse critique des travaux disponibles à l'échelle française et européenne : études scientifiques, études technico-économiques, enquêtes et sondages auprès des populations, articles de presse... A partir de cette base, la méthode consiste à établir une description des coûts sociaux directs et indirects des principales sources de nuisances sonores (transport, voisinage, milieu professionnel), puis une traduction économique de chaque poste de coût lorsque des données le permettent. En conclusion, l'étude propose des pistes de recherches complémentaires pour combler les connaissances manquantes.

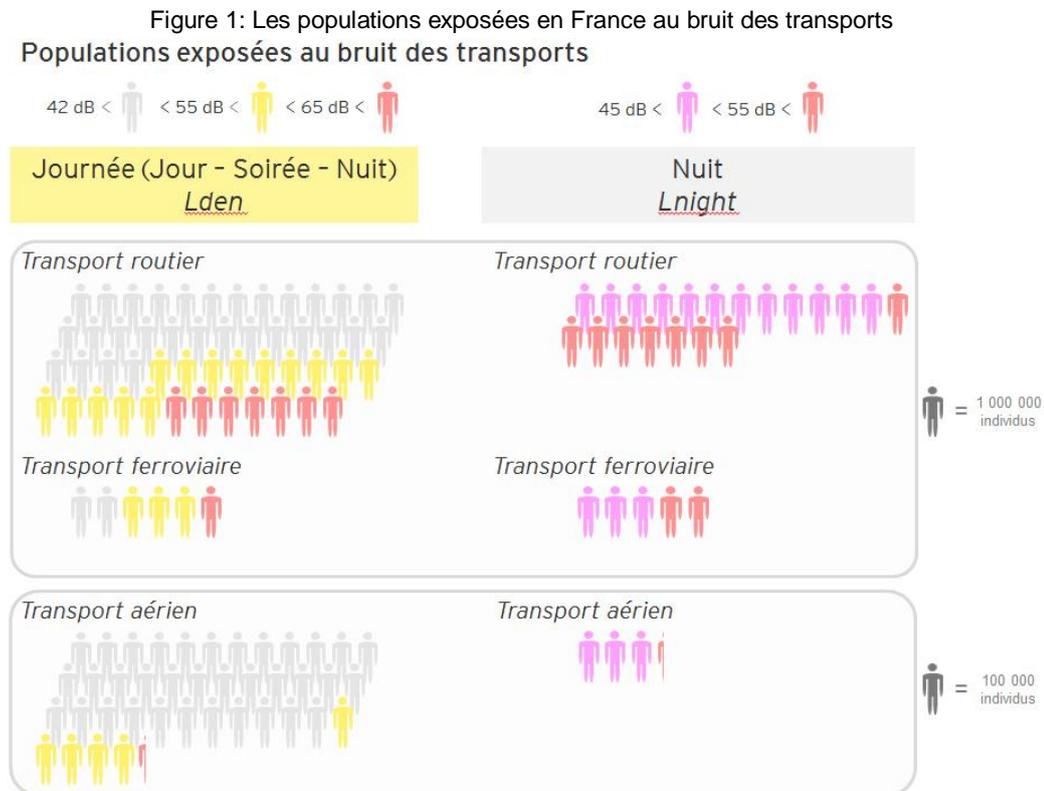
## ***Près de 9 millions de personnes en France fortement exposées au bruit des transports***

L'exploitation de la base de données d'exposition au bruit de l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA), complétée par les données du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) et de la Direction Générale de l'aviation civile (DGAC), permet de déterminer le nombre de personnes affectées par le bruit des transports, selon chaque mode de transport (routier, ferroviaire, aérien) et par tranche de niveau de bruit exprimé en décibels pondéré A dB(A). Ces éléments proviennent des informations des cartographies stratégiques du bruit transmises par la France à l'EEA, et pour le bruit du trafic aérien des plans de gêne sonore (PGS), plans d'exposition au bruit (PEB) et courbes d'environnement sonore (CES).

Il ressort de cette cartographie que la grande majorité des Français est exposée au bruit des transports : près de 52 millions d'individus sont affectés par le bruit du trafic routier, avec des niveaux sonores situés au-dessus de 42 dB(A) selon l'indicateur Lden agrégé sur la journée. Sur cette population, plus de 7 millions d'individus sont exposés à de forts niveaux sonores dépassant 65 dB(A) toujours selon l'indicateur Lden agrégé sur la journée. Le phénomène est d'une ampleur comparable en période nocturne : plus de 7 millions d'individus sont exposés de nuit à des niveaux dépassant 55dB(A), ce qui est élevé à ce moment de la journée.

Le bruit du trafic ferroviaire est d'une ampleur moindre, mais concerne tout de même 6 millions d'individus affectés par des niveaux sonores supérieurs à 42 dB(A) selon l'indicateur Lden agrégé sur la journée, dont 1 million exposés à de forts niveaux, supérieurs à 65 dB(A) Lden.

Le trafic aérien touche quant à lui plus de 4 millions d'individus sur le territoire français, dont 500 000 à des niveaux considérés comme critiques car étant supérieurs 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). L'exposition au bruit aérien génère des coûts sociaux plus élevés que l'exposition aux autres modes de transport, pour un même niveau agrégé de bruit exprimé selon l'indice Lden.



**Un coût sur la santé du bruit des transports s'élevant à 11,5 milliards d'euros par an en France, dont 89% induit par le trafic routier**

Les études de référence publiées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2011, 2012 et 2013 sur la quantification des impacts sanitaires du bruit des transports et leur valorisation économique ont permis de mettre à disposition des données de coûts sanitaires par individu pour la gêne, les troubles du sommeil et autres effets sur la santé, par mode de transport et par niveau de bruit. La méthode de l'OMS repose sur l'utilisation de fonctions dose-effet, ce qui est typique dans ce type d'exercice, mesurant la relation entre l'exposition à un agent (ex. le bruit) et ses effets (les impacts sanitaires). L'application de ces fonctions à la distribution de l'exposition au bruit au sein de la population permet de déterminer le nombre de cas attribuables (pour chaque effet considéré) à l'exposition au bruit dans cette population. Pour chacun des impacts sanitaires reconnus du bruit des transports (perturbations du sommeil, maladies cardiovasculaires, gêne...), il est ainsi possible d'estimer la dégradation de l'état de santé des populations au moyen de l'indicateur quantitatif des « années de vie en bonne santé perdues ».

La méthodologie de l'OMS, appliquée aux statistiques des expositions au bruit de la population française pour les différents modes de transport, a ainsi permis d'estimer un coût sur la santé en France d'environ 11,5 milliards d'euros chaque année. Ce coût est majoritairement induit par le trafic routier (89% du coût total), devant le trafic ferroviaire (9%) et l'aérien (2%).

Les troubles du sommeil représentent l'impact le plus fort (54% du coût total sur la santé), devant la gêne (40%) et les maladies cardiovasculaires (6%). Il est à noter que les effets du bruit en termes de maladies cardiovasculaires se sont limités à la quantification des impacts de l'exposition au bruit routier, ce qui est un facteur de sous-estimation probablement important. Par ailleurs, les coûts sanitaires estimés dans la présente étude se sont limités à la quantification des nombres d'années de vie en bonne santé perdues et n'intègrent pas les coûts d'hospitalisation et de médication liés aux pathologies induites (hormis pour les

maladies cardiovasculaires où une estimation a pu être faite). Il y a donc lieu de considérer que les coûts sur la santé du bruit des transports présentés dans la présente étude sont sous-estimés.

***D'autres conséquences potentiellement significatives du bruit des transports, pour un montant de plus de 9 milliards d'euros dont le coût est partiellement estimé ou n'est pas mesuré dans les travaux existants***

La perte de valeur immobilière induite par le bruit des transports a jusqu'à présent fait l'objet d'analyses sur des périmètres limités, comme celui du voisinage de l'aéroport d'Orly. L'extrapolation des résultats de cette étude à l'échelle nationale permet d'avancer une estimation grossière de près de 7,1 milliards d'euros de décote annuelle sur le parc immobilier résidentiel en France.

La présente étude fournit quelques estimations purement indicatives d'autres conséquences indirectes du bruit des transports, à partir de travaux menés à l'étranger sur des périmètres plus larges. Ainsi, les troubles du sommeil entraînés par le bruit des transports pourraient coûter environ 2 milliards d'euros chaque année en France, dont 1,7 milliards d'euros de pertes de productivité au travail et 300 millions d'euros de troubles de l'apprentissage à l'école.

Le bruit des transports, à travers notamment des troubles du sommeil qu'il induit, a ainsi des conséquences indirectes sur la productivité au travail et la performance scolaire des individus exposés. Bien que l'impact du bruit des transports sur les troubles du sommeil et celui des troubles du sommeil sur la productivité au travail (ou la performance à l'école) soient des phénomènes avérés par plusieurs études, le lien complet n'est à ce jour pas mesuré de manière à clairement isoler le bruit comme facteur de perte de productivité.

***Les accidents du travail et la surdité provoqués par le bruit en milieu professionnel coûtent chaque année de l'ordre de 1,2 milliards d'euros***

Les connaissances existantes du coût social du bruit en milieu professionnel sont parcellaires et parfois anciennes. La surdité professionnelle a particulièrement été étudiée durant les années 1980 ; à partir de chiffres de coûts par individu issus de cette période, actualisés afin de tenir compte de l'inflation et multipliés par les 822 nouveaux cas de surdité professionnelle recensés en 2014, le coût social peut être estimé à 85 millions d'euros chaque année. Il ne s'agit cependant que d'une faible partie des coûts totaux. Le coût social des accidents du travail liés au bruit (masquage des signaux d'alerte, détournement d'attention) peut être estimé à 1,1 milliards d'euros. Ce chiffre est basé sur une hypothèse issue d'une étude du Ministère des Affaires Sociales datant de 1983, selon laquelle 10% des accidents du travail seraient provoqués par des nuisances sonores sur le lieu de travail. Cette hypothèse gagnerait grandement à être mise à jour mais fournit une indication de l'ampleur potentielle du phénomène.

***Le bruit en milieu professionnel ou scolaire provoque probablement des pertes économiques bien plus conséquentes***

D'après une étude de Malakoff Médéric, 58% des salariés en France se disent exposés au bruit, soit environ 14 millions de personnes. Ces facteurs de risque ont un impact non négligeable sur la fatigue nerveuse et/ ou physique : les salariés qui travaillent dans le bruit la plupart du temps sont 80 % à déclarer avoir un travail nerveusement fatigant (contre 70 % en moyenne) et 72 % à déclarer avoir un travail physiquement fatigant (contre 47 % en moyenne). Si les travaux sur les coûts sociaux du bruit permettent d'affirmer que le bruit au travail est source de gêne et de perturbation et affecte la productivité (baisse de performance dans les tâches cognitives, dégradation de la satisfaction au travail, perte de concentration), aucune étude n'est parvenue à quantifier l'impact économique final.

Pour établir un tel chiffrage, il serait nécessaire que les travaux de recherche établissent le nombre de personnes dont la productivité est affectée par le bruit, chiffrent la perte de productivité associée à cette gêne (en % de perte de productivité) et définissent la durée de cette gêne à l'échelle d'une année.

La présente étude fournit une estimation grossière et indicative de cette perte potentielle de productivité dans le secteur tertiaire, notamment à partir d'une hypothèse de l'équivalent de 5 journées de travail perdues par an pour un salarié gêné significativement par le bruit. La perte de productivité en France liée au bruit au travail dans le secteur tertiaire serait ainsi de l'ordre de 18 milliards d'euros, ce chiffre étant à prendre avec énormément de précautions et méritant un travail d'approfondissement.

De même, la littérature existante n'établit pas de relation complète et robuste entre les nuisances sonores, la performance scolaire et la productivité. Un chaînon manquant serait notamment une estimation de la part attribuable aux nuisances sonores dans le décrochage scolaire, qui représente un des principaux coûts sociaux de la dégradation de l'apprentissage. En supposant, en l'absence de valeur issue de la littérature et donc à titre indicatif, que 20% de la part du décrochage scolaire soit expliquée par les nuisances sonores, le coût social du bruit en salle de classe serait de l'ordre de 6 milliards d'euros par an.

### ***Le bruit du voisinage, un phénomène conséquent mais dont le coût social n'est pas mesuré***

A l'image du bruit des transports, le bruit du voisinage provoque de la gêne, des troubles du sommeil et d'autres impacts sanitaires pour les individus exposés. Au-delà de ces effets, les nuisances sonores du voisinage relèvent d'une problématique d'incivilité et de mal-vivre-ensemble et peuvent engendrer, ou du moins amplifier, une atmosphère délétère à l'échelle du quartier et empirer une situation sociale déjà fragile.

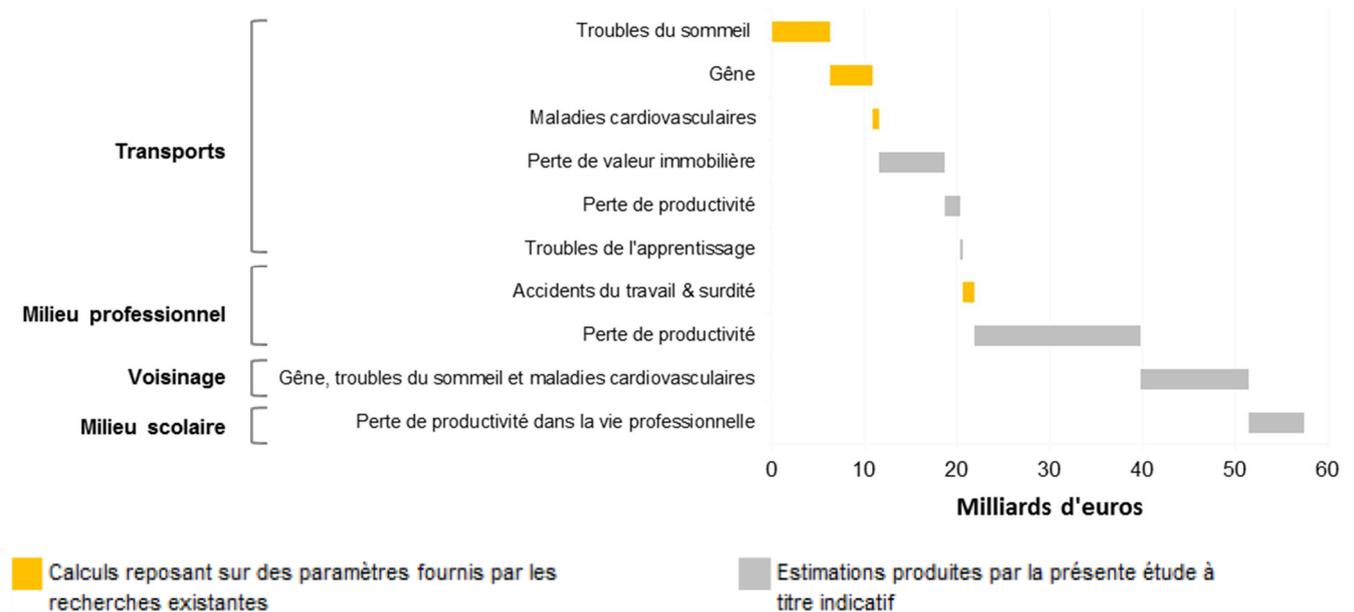
Les études sur le coût social du bruit de voisinage mettent en lumière la difficulté à chiffrer l'ensemble des impacts liés à celui-ci. L'une des principales difficultés réside dans le fait de cartographier au niveau local, et a fortiori au niveau national, les « zones » de bruit de voisinage, comme cela a pu être fait pour le bruit des transports. Pourtant, les travaux existants portent à croire que le coût social du bruit du voisinage pourrait être conséquent. Celui-ci figure en effet parmi les bruits les plus durement ressentis par les Français, comme en atteste le sondage « Les Français et les nuisances sonores » publié en septembre 2014 par l'IFOP. D'après les résultats de ce sondage, les personnes interrogées citent les bruits de voisinage comme la nuisance sonore la plus gênante à leur domicile avec la même occurrence que le bruit des transports.

Ce résultat nous permet, par un raisonnement par analogie détaillé dans l'étude complète, d'estimer à titre indicatif le coût social du bruit du voisinage, à partir des estimations disponibles pour le bruit des transports. La gêne, les troubles du sommeil et les autres impacts sur la santé (maladies cardiovasculaires) entraînées par le bruit du voisinage provoqueraient ainsi un coût social de l'ordre de 11,5 milliards d'euros chaque année en France.

### ***Les pollutions sonores pourraient coûter en France de l'ordre de 57 milliards d'euros chaque année, avec des inconnues qui justifient d'approfondir les connaissances sur le sujet***

Une synthèse des estimations citées plus haut permet d'estimer le coût social du bruit en France à environ 57 milliards d'euros annuels, dont 12 milliards estimés à partir de paramètres disponibles dans les recherches existantes et le complément estimé à titre indicatif par la présente étude. Le détail de ces estimations par origine et conséquence du bruit est fourni dans le graphique ci-dessous.

Figure 2: Synthèse des coûts sociaux annuels des pollutions sonores en France



Il est important de noter que ce résultat, excluant actuellement des postes d'autres coûts sociaux faute d'éléments suffisants, est susceptible d'évoluer ultérieurement à la hausse une fois que ceux-ci auront pu être évalués.

Ces résultats ne sauraient traduire pleinement les conséquences du bruit sur la vie quotidienne des individus qui en sont victimes. C'est par exemple le cas pour une personne résidant dans un logement situé dans un quartier bruyant, empruntant les transports en commun deux heures sur la journée, travaillant dans un environnement particulièrement sonore. Les nuisances sonores touchent particulièrement les milieux sociaux modestes et accentuent les inégalités sociales.

Les futurs travaux sur l'évaluation des conséquences des pollutions sonores devraient se pencher sur les postes de coût potentiellement significatifs mais dont le coût économique n'est pas mesurable de manière robuste à partir des recherches existantes.

Les principaux axes d'amélioration de l'estimation complète du coût social des pollutions sonores en France devraient se concentrer sur les chantiers suivants :

- Compléter la mesure du coût social du bruit des transports :
  - sur les troubles du sommeil, en tenant compte notamment des coûts d'hospitalisation et de médication ;
  - en précisant la perte de productivité au travail et les troubles d'apprentissage induits
- Conduire une étude complète sur la perte de productivité induite par la source de bruit en milieu professionnel ;
- Affiner la compréhension de la dégradation de l'apprentissage provoquée par le bruit au sein de l'établissement scolaire, et établir une mesure des conséquences économiques sur le parcours professionnel des élèves ;
- Affiner la compréhension des effets du bruit sur la santé des patients en milieu hospitalier ;
- Identifier toutes les situations où l'exposition au bruit à une conséquence négative, en tenant compte de l'ensemble des modes de propagation et de transmission du bruit. Dans le cas du bruit

des transports par exemple, les conséquences de celui-ci sont étudiées au domicile des individus, mais pas dans les transports ou dans la rue. C'est également le cas de l'utilisation intensive des baladeurs ou de la pratique excessive de loisirs bruyants, le coût de la dégradation de l'audition consécutive à ces pratiques n'étant pas prise en compte dans cette étude.

Outre la nécessité d'approfondir et de fiabiliser la mesure des coûts sociaux du bruit, la présente étude fournit déjà des éléments nécessaires à de premières analyses coûts-bénéfices permettant de comparer le coût financier des mesures d'atténuation du bruit (ex. sensibilisation des citoyens aux comportements vertueux, revêtements routiers, murs anti-bruit) aux bénéfices sociaux qui pourraient en découler et dont les estimations sont les plus robustes (ex. diminution de la gêne et des troubles du sommeil lié au bruit des transports).

## 2 POURQUOI UNE ETUDE SUR LE COUT SOCIAL DU BRUIT ?

La notion de coût social, également connue sous le terme « d'externalité négative », caractérise le fait que les agents économiques créent, par leur activité, des effets externes en procurant à autrui des dommages sans compensation. La mesure du coût social, quel que soit le phénomène étudié (alcool, pollution de l'air, changement climatique, bruit), est un exercice essentiel à une compréhension fine de l'enjeu et à l'évaluation des investissements et des actions d'atténuation du phénomène. Dans le cas du bruit, l'estimation du coût social permet d'apporter des bases solides et des valeurs économiques de référence dans le cadre de politiques ou de projets de réduction des nuisances sonores. Par exemple, dans le cas des transports, l'analyse permet d'éclairer l'élaboration de politiques de tarification, afin d'internaliser le coût social du bruit dans les tarifs. Quant à l'évaluation des projets de réduction, l'analyse des coûts sociaux permet de nourrir une analyse plus globale des coûts et des bénéfices du projet (ex. revêtements routiers, murs anti bruit, isolations de façades, capotage de matériel, traitement acoustique des cantines scolaires, etc.).

La problématique de l'exposition au bruit des personnes suscite des attentes importantes au niveau de la population française comme en atteste l'étude réalisée par l'IFOP en septembre 2014 pour le compte du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, où 86% des personnes interrogées déclaraient être gênées par le bruit et les nuisances sonores à leur domicile. Ces dernières années, de nouvelles études sont venues améliorer les connaissances sur le sujet, comme par exemple les études sur les effets nocifs du bruit sur la santé humaine ou de l'impact de l'exposition au bruit sur les prix de l'immobilier. Malgré tout, l'évaluation du coût social du bruit reste imprécise et parcellaire.

Le « Green Paper on Future Noise Policy » de la Commission Européenne de 1996 ne fournit pas de chiffre pour caractériser le coût social du bruit. Il évalue le coût social du bruit des transports, qu'il situe dans une fourchette allant de 0,2% à 2% du PIB, soit dans un rapport de 1 à 10. Pour la France, cette fourchette serait, pour 2014, de 4 à 40 milliards d'euros. Si ces chiffres confortent la portée du problème, l'importance de cet écart montre de grandes incertitudes et témoigne de la difficulté d'évaluer de manière robuste et fiable ces coûts.

Le Conseil National du Bruit, dans son projet de programme de travail adopté en septembre 2013 a ainsi inscrit le sujet de « l'approche économique du bruit » et notamment l'évaluation des coûts induits par le bruit. La présente étude s'inscrit dans le cadre de ces travaux, et a pour objectif d'améliorer la connaissance des décideurs publics et privés sur les conséquences financières directes et indirectes de l'exposition au bruit et de la mauvaise qualité des ambiances sonores.

La méthodologie de la présente étude repose sur une analyse critique de la littérature : études scientifiques, études technico-économiques, enquêtes et sondages auprès des populations, articles de presse... A partir de cette base, la méthode consiste à établir :

- dans un premier temps, une cartographie qualitative des postes de coûts sociaux, directs et indirects, provoqués par les nuisances sonores ;
- dans un deuxième temps, une collecte et une confrontation des données quantitatives (ex. nombre de personnes exposées, coût par personne) pour les postes de coût pour lesquels ces données sont disponibles dans la littérature ;
- dans un troisième temps, un calcul des coûts sociaux du bruit ;
- en conclusion, une identification des études ou recherches complémentaires à mener pour combler les connaissances manquantes.

Les coûts abordés dans la présente étude ne sont pas à confondre avec les dépenses engagées pour réduire le bruit. Il s'agit d'une autre problématique de l'approche économique du bruit, concernant les solutions envisageables, mais qui ne fait pas partie du périmètre de la présente étude.

## 3 COMPRENDRE LES ETUDES DU COUT SOCIAL DU BRUIT : DEFINITIONS ET ELEMENTS DE GLOSSAIRE

L'objet du présent chapitre est de définir les notions fréquemment employées dans la littérature, en vue de faciliter la compréhension des résultats auprès du plus grand nombre. Il s'agit notamment, d'une part, de définir le périmètre des différentes sources de bruit, d'autre part, de présenter les indicateurs techniques de mesure du niveau sonore.

### 3.1 Les origines du bruit

#### Le bruit des transports

Le bruit des transports est la principale source de bruit ambiant. Le **trafic routier** est la source principale, suivi du **trafic ferroviaire**, et enfin le **trafic aérien, avec respectivement environ 125, 7 et 1 millions de personnes en Europe exposées à des niveaux sonores supérieurs à 55 dB** (EEA, 2014), sachant que le coût social des nuisances sonores se fait ressentir à partir de 45 dB la nuit, 50 dB le jour. Le bruit des transports, composante majeure du bruit ambiant, a ainsi fait l'objet de nombreuses études depuis les années 70 traduisant l'impact social du bruit en coût économique.

#### Le bruit en milieu professionnel

Le bruit en milieu professionnel est reconnu comme un facteur de pénibilité par le Code du Travail et peut provenir de sources diverses : le bruit émanant de personnes (ex. conversations téléphoniques), de machines présentes sur le lieu de travail, d'impacts comme l'ouverture ou la fermeture de portes, de l'extérieur (bruit environnemental) ou encore le bruit dit « de fond » (ex. système de chauffage ou de ventilation).

Le bruit en milieu professionnel peut être défini par des niveaux sonores : la circulaire du Ministère du Travail datant du 26 novembre 1971 définit le bruit au travail par **trois niveaux d'exposition sonore** :

1. la première zone dite de « **confort industriel** » est estimée **entre 70 et 75 dB(A)**
2. la seconde « **côte d'alerte** » se situe **à partir de 85 dB(A)**
3. la « **zone de danger** » se situant **au-delà de 90 dB(A)**.

Le décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006, relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit, a introduit des « valeurs limites d'exposition », fixées à un niveau d'exposition quotidienne de 87 dB(A) (valeur limite d'exposition équivalente sur 8 heures) ou à un niveau de pression acoustique de crête de 140 dB(C), ces niveaux prenant en compte l'atténuation assurée par les protecteurs auditifs individuels portés par les travailleurs. Ce même décret a également abaissé les seuils à partir duquel des mesures doivent être mises en place par un employeur ; un niveau d'exposition quotidienne de 80 dB(A) ou un niveau de pression acoustique de crête de 135 dB(C) oblige l'employeur à prendre des mesures préventives.

La surdité professionnelle, conséquence directe et risque principal d'un environnement de travail bruyant, est définie dans le droit français (décret du Ministère du travail) par le tableau 42 des maladies professionnelles du régime général et par le tableau 46 des maladies professionnelles du régime agricole « atteintes auditives provoquées par les bruits lésionnels ».

## Le bruit de voisinage

Les bruits de voisinage sont définis par le Code de la santé publique, comme étant des bruits de nature à porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme par leur durée, leur répétition ou leur intensité.

La quasi-totalité des bruits pouvant entrer dans cette catégorie, l'article R.1334-30 issu de ce même Code donne une définition par la négative des bruits de voisinage. Il s'agit de « *tous les bruits de voisinage à l'exception de ceux qui proviennent des infrastructures de transport et des véhicules qui y circulent, des aéronefs, des activités et installations particulières de la défense nationale, des installations nucléaires de base, des installations classées pour la protection de l'environnement ainsi que des ouvrages des réseaux publics et privés de transport et de distribution de l'énergie électrique soumis à la réglementation prévue à l'article 19 de la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie. Lorsqu'ils proviennent de leur propre activité ou de leurs propres installations, sont également exclus les bruits perçus à l'intérieur des mines, des carrières, de leurs dépendances et des établissements mentionnés à l'article L. 231-1 du code du travail* ».

Les bruits de voisinage sont classés par le Code de la santé publique en trois catégories :

1. **les bruits dits domestiques ou bruits de comportement**, pour lesquels le constat d'infraction ne nécessite pas de mesures acoustiques. C'est l'agent en charge du contrôle qui effectue un constat « à l'oreille » et fonde son jugement sur les critères de durée, répétition ou intensité du bruit.
2. **les bruits liés à des activités professionnelles ou des activités sportives, culturelles ou de loisirs** organisées de façon habituelle. Pour la recherche et la constatation de l'infraction, on utilise le critère d'émergence, c'est-à-dire la différence entre le niveau du bruit ambiant comportant le bruit incriminé et le niveau du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels sans le bruit qui fait l'objet de la plainte. L'émergence ne doit pas dépasser 3dB la nuit et 5dB le jour<sup>1</sup>.
3. **les bruits des chantiers** pour lesquels les critères retenus pour caractériser une infraction sont le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes pour la réalisation des travaux ou l'utilisation et l'exploitation de matériels ou équipements, l'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ou bien un comportement anormalement bruyant. Comme pour les bruits de comportement, il n'est pas utile de recourir à des mesures acoustiques pour constater une infraction pour un bruit de chantier.

### 3.2 La mesure du niveau sonore<sup>2</sup>

L'échelle des décibels (dB) est retenue pour quantifier le niveau sonore. Cette échelle présente l'avantage de bien se calquer sur la sensibilité différentielle de l'ouïe, puisqu'un écart de 1 décibel entre 2 niveaux de bruit correspond sensiblement à la plus petite différence de niveau sonore décelable par l'oreille humaine.

Il existe plusieurs déclinaisons de cette échelle, se différenciant par les conditions de mesure et la nature d'application des résultats.

Les principales variantes rencontrées dans les études analysées sont présentées ci-dessous :

---

<sup>1</sup> La durée totale d'apparition du bruit doit aussi être prise en compte.

<sup>2</sup> Informations tirées du site web de l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroporutaires (ACNUSA)  
<http://www.acnusa.fr/fr/le-bruit-et-la-cartographie/le-bruit-et-sa-mesure/unites-de-mesure/10>

## Le décibel A

Le décibel A ou dB(A) est utilisé pour exprimer le niveau sonore en tenant compte du fait que l'oreille humaine est plus sensible aux fréquences médium ou aiguës qu'aux fréquences graves. Pour cela, on introduit un système de correction (appelé filtre de pondération A) des niveaux sonores mesurés en fonction des bandes de fréquences pour être proche de la sensibilité de l'oreille humaine.

## Notion de dose de bruit

Pour évaluer l'exposition sonore, il est nécessaire de tenir compte de deux paramètres : le niveau de pression auquel la personne est soumise, et son temps d'exposition. On parle alors de dose de bruit. Par exemple, une dose de bruit d'un niveau de pression de 80 dB(A) auquel une personne est exposée pendant 8h équivaut à un bruit de 92 dB(A) auquel une personne serait exposée pendant 30 minutes.

## L<sub>DEN</sub>

Le L<sub>DEN</sub> (Day-Evening-Night assessment sound Level) est un niveau composite d'évaluation du niveau sonore sur 24 h (jour-soir-nuit), exprimé en décibels pondérés A (dB(A)). Il désigne le niveau sonore continu équivalent composé de la moyenne énergétique des niveaux sonores continus équivalents mesurés sur trois intervalles de référence de jour, de soirée et de nuit, auxquels sont appliqués des termes correctifs majorants, avec des pénalisations différentes selon la période de la journée (+5 dB(A) en soirée et +10 dB(A) la nuit).

## L<sub>NIGHT</sub>

Le L<sub>NIGHT</sub> (Night assessment sound Level) est le niveau sonore équivalent moyen sur la période de nuit. Celui-ci ne comporte pas de terme correctif.

## .NAX

(Noise events Above x dB(A))

Le N<sub>Ax</sub> représente le nombre d'événements (par exemple survols) dont le niveau maximum atteint (L<sub>Amax</sub>) dépasse un seuil de bruit fixé.

A titre d'exemple, les indices NA62 et NA65 correspondent respectivement au nombre d'événements de type aéroportuaire dont le niveau maximal L<sub>Amax</sub> dépasse 62 dB(A) et 65 dB(A).

Cet indice est facile à comprendre et paraît relativement bien adapté pour décrire la gêne liée à de nombreux pics de bruit.

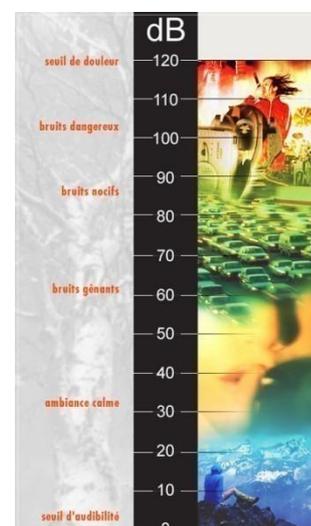
## Echelle du bruit

Les sons audibles se situent entre 0 dB (seuil d'audition) et 140 dB, comme illustré sur l'échelle ci-contre.

Le seuil de la douleur se situe aux alentours de 120 dB.

La gêne, notion subjective, est ressentie de manière très variable d'un individu à l'autre et pour un même individu d'une situation à l'autre.

En conséquence, aucune échelle de niveau sonore objective ne peut donner une indication absolue de la gêne occasionnée.



## 4 QUELS SONT LES COÛTS SOCIAUX DU BRUIT ?

Il convient dans un premier temps de cartographier l'ensemble des postes de coût associés aux nuisances sonores afin de dessiner les contours de la problématique. La présente étude s'intéresse à tous les effets tant physiologiques que psychologiques des bruits sur une population humaine exposée, et qui peuvent avoir pour conséquences :

- Une perte de qualité de vie,
- Une diminution du nombre d'années de vie en bonne santé,
- Une perte de jouissance,
- Une dépréciation patrimoniale,
- Une perte de performance, d'efficacité, de productivité, ...

La présente étude ne se penche pas sur les autres effets du bruit, qui peuvent aussi conduire à des coûts sociaux, comme par exemple les effets mécaniques du bruit sur une structure qui y est exposée. Ainsi, par exemple, ont été étudiés par la société nationale aérospatiale l'effet du bruit des réacteurs de la Caravelle sur son empennage arrière, ou par le CNES l'effet du bruit au décollage de la fusée, sur les matériels scientifiques embarqués dans le satellite. Bien que ces effets puissent avoir un coût social évident (catastrophe aérienne, échec de la mission d'un satellite), ils ne font pas partie de la présente étude.

De même, les effets du bruit sur la faune et la flore naturelle, bien qu'ils puissent avoir des conséquences importantes sur la biodiversité terrestre ou marine, ne font pas partie du champ de cette étude.

### 4.1 Les effets du bruit sur un être humain

De nuit comme de jour, quelle que soit l'origine du bruit (transports, voisinage, milieu professionnel, loisirs...), le bruit est susceptible d'engendrer des conséquences directes pour la santé : des effets sur l'audition pour des niveaux élevés d'exposition et de nombreux effets extra-auditifs non spécifiques.

#### 4.1.1 Effets auditifs

Les effets auditifs sont directement liés à la quantité totale de bruit reçue par l'oreille. Ainsi, les effets sur l'audition sont généralement le fait d'expositions, en milieu professionnel ou lors des loisirs, à des niveaux d'exposition quotidienne au bruit (moyenne sur 8 heures) qui dépassent 80 dB(A) ou un niveau de pression acoustique de crête de 135 dB(C)<sup>3</sup>, considérés par le Décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 comme valeurs limites inférieures qui doivent déclencher des actions de prévention pour l'audition. Très peu rencontrés dans l'environnement extérieur naturel, ces niveaux sonores élevés entraînent une altération du système auditif, peu adapté à les supporter durant de longues périodes. Il s'agit principalement de la dégradation d'une partie des cellules ciliées de l'oreille interne, cellules fragiles, peu nombreuses et ne se renouvelant pas, ce qui entraîne une perte irrémédiable de l'audition. Il est estimé que des troubles auditifs peuvent être observés suite à une exposition de plusieurs années à un niveau de 85 dB(A) en moyenne sur 8 heures (un tel niveau correspond à ce qui peut être observé le long d'une rue animée à fort trafic ou lorsqu'on est obligé d'élever la voix dans une ambiance bruyante). Les risques pour l'audition sont fonction de la dose d'exposition qui combine niveau sonore et durée d'exposition. Ainsi, une exposition de 85 dB(A) sur 8 heures est équivalente à une exposition de 88 dB(A) sur 4 heures, elle-même équivalente à une exposition de 91 dB(A) sur 2 heures et ainsi de suite. Une exposition à un niveau proche de 100 dB(A) sur un quart

---

<sup>3</sup> Valeur maximale du niveau de bruit instantané exprimé selon la pondération C (tient compte davantage des basses fréquences que la pondération A) reçu durant la période de mesure (ex. la journée de travail)

d'heures (discothèques, concerts) est ainsi susceptible d'entraîner des conséquences sur l'audition: une baisse sensible de l'audition, des acouphènes et/ou une hyperacousie. Généralement, ces symptômes sont temporaires et disparaissent après quelques heures. Néanmoins, il peut arriver que les lésions soient irréversibles, on parle alors de traumatisme sonore aigu. Dans tous les cas, et même si les troubles sont sans gravité immédiate, le système auditif subit un vieillissement prématuré, ce qui peut conduire à une perte d'audition précoce.

#### **4.1.2 Effets extra-auditifs**

L'ouïe a une fonction de surveillance permanente de notre environnement, et toute « anomalie » sonore va déclencher une réaction de stress. D'un autre côté, la présence d'un bruit masquant, non intrinsèquement gênant, va rendre difficile la perception des bruits « utiles » à la reconnaissance d'une situation ou à l'accomplissement d'une tâche, et ainsi augmenter la fréquence et l'intensité des réactions de stress. Enfin, l'exposition à des bruits dérangeants, non désirés va distraire l'attention de la tâche principale et causer des risques d'erreurs, et ainsi augmenter la fréquence et l'intensité des stress.

Les effets extra-auditifs peuvent se manifester pour des expositions chroniques ou répétées à des niveaux faibles ou modérés, comme c'est généralement le cas avec le bruit dans l'environnement, dans l'habitat, dans le tertiaire. Les mécanismes d'action sont toutefois complexes. D'une part, une stimulation acoustique constitue une agression de l'organisme et engendre une réponse non spécifique, qui dépend des caractéristiques physiques du bruit (intensité, fréquence, durée), du moment de la journée où le bruit apparaît, et de l'activité en cours. D'autre part, le bruit est une notion subjective et la réaction à une stimulation sonore est influencée par des représentations individuelles (utilité des sources, bruit choisi ou subi, contrôle des sources).

Un des principaux effets extra-auditifs du bruit concerne les perturbations du sommeil, qui peuvent apparaître dès 40 dB(A) en niveau moyen la nuit (rue résidentielle). Ces perturbations, même lorsque le sujet n'en a pas conscience, engendrent une fatigue notable et renforcent des effets directement attribuables au bruit comme la diminution de la vigilance, de l'efficacité au travail ou de l'apprentissage durant l'enfance.

Des effets sur le système nerveux autonome ont également été observés, les expositions au bruit générant un stress qui entraîne des réponses diverses de l'organisme, végétatives (notamment sur le système cardio-vasculaire) ou endocriniennes (élévation des sécrétions de catécholamines, de cortisol). Ces effets sont, entre autres, responsables d'une moindre résistance de l'organisme à des agressions extérieures, et d'une plus faible capacité de récupération.

Le bruit est par ailleurs responsable de nombreux effets psychosociaux, avec en premier lieu une dégradation de la qualité de vie, mais aussi une modification des attitudes et du comportement social (agressivité et troubles du comportement, diminution de la sensibilité et de l'intérêt à l'égard d'autrui).

Les principaux effets extra-auditifs du bruit qui ont fait l'objet d'une reconnaissance par l'OMS à ce jour sont la gêne, les troubles du sommeil, les maladies cardiovasculaires et les retards dans les apprentissages.

#### **Gêne**

Selon la définition de l'OMS, la gêne est « une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement (le bruit, par exemple) dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé ». Chaque individu a sa propre perception du bruit. La gêne qu'il ressent est donc le résultat de facteurs liés au bruit (intensité sonore, émergence par rapport au bruit de fond, répétitivité du bruit, signature fréquentielle) 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, ses habitudes socio-culturelles, son âge, son mode de vie... La gêne est souvent associée à un ensemble de comportements négatifs tels que la colère, la déception, l'insatisfaction, le retrait, l'impuissance, la dépression, l'anxiété, l'égaré, l'agitation ou l'épuisement.

### ***Perturbations du sommeil***

Un des principaux effets extra-auditifs du bruit concerne les perturbations du sommeil, qui peuvent apparaître dès 40 dB(A) en niveau moyen la nuit. Les troubles du sommeil peuvent se manifester par un retard à l'endormissement, une augmentation du nombre et de la durée des éveils nocturnes, la réduction de la durée totale du sommeil, des modifications des différentes phases du sommeil avec une diminution du sommeil profond et des phases de sommeil paradoxal. Le bruit entraîne ainsi une fragmentation du sommeil qui diminue considérablement sa qualité et donc son pouvoir récupérateur. Un sommeil de mauvaise qualité a de graves répercussions sur la vie quotidienne en entraînant somnolence, baisse de l'attention et des performances, ce qui augmente les risques d'avoir un accident de la route ou du travail et entraîne des baisses de productivité pour les entreprises, et des difficultés d'apprentissage. Un manque de sommeil est aussi un facteur de risque de surpoids.

### ***Maladies cardio-vasculaires***

Le bruit entraîne une réponse non spécifique au niveau du système cardiovasculaire en accélérant le rythme cardiaque et en provoquant une diminution du diamètre des vaisseaux sanguins. Ces modifications cardio-vasculaires sont propices à l'élévation de la pression artérielle. Ces atteintes de la pression artérielle sont fréquentes combinées avec d'autres modifications du fonctionnement cardiaque telle que l'arythmie, l'accélération du rythme cardiaque au repos, une plus forte accélération cardiaque lors d'exercice physique ou encore une diminution de la circulation sanguine au niveau du myocarde. Un grand nombre de travaux montrent que l'exposition à des niveaux élevés de bruit entraîne très souvent des désordres cardiovasculaires comme l'hypertension artérielle.

### ***Retard dans les apprentissages***

L'exposition des enfants (ou des adultes apprenants) au bruit en dehors de l'enceinte scolaire entraîne des troubles du sommeil qui eux même sont à l'origine des difficultés de concentration et affectent les fonctions cognitives des écoliers, entraînant ainsi retard dans l'apprentissage et problèmes de comportement.

La mauvaise qualité des locaux scolaires (faible isolement acoustique, réverbération excessive) entraîne quant à elle une perte d'intelligibilité qui elle-même freine les apprentissages.

Certains coûts sociaux sont spécifiques à des milieux ou origines du bruit. Dans le cas d'un milieu professionnel bruyant, se rajoute à la gêne la **perte directe de productivité** et les **conflits** avec les collègues de travail. Dans des environnements présentant particulièrement des risques **d'accident du travail** (ex. industrie, restauration, construction...), le bruit contribue à amplifier ce risque.

Dans le cas du bruit du voisinage, les nuisances sonores relèvent autant de la faible qualité du bâti que d'une problématique **d'incivilité** et de mal-vivre-ensemble, et peuvent engendrer, ou du moins amplifier, une atmosphère délétère. Le conflit de voisinage peut s'inscrire à l'échelle de quelques individus, voire à l'échelle de quartiers entiers où le bruit vient empirer une situation sociale déjà fragile.

Parmi les effets indirects des nuisances sonores figurent la **perte de productivité au travail**. Un individu dont la santé et le sommeil sont troublés par le bruit sera en effet gêné dans l'exercice de son activité, dans sa progression professionnelle, et sa capacité à saisir des opportunités économiques. En milieu hospitalier, l'exposition au bruit se traduit par une augmentation des délais de récupération, des délais de cicatrisation, de la prise de médicaments, des infections post opératoires, et donc des temps de séjour en milieu hospitalier.

Les effets indirects du bruit sont difficiles à délimiter de manière exhaustive ; il est possible d'identifier de nombreux effets connexes, par exemple la peine des familles des victimes souffrant de maladies attribuables au bruit. Ce type de conséquence est à la fois subjectif et diffus, et ne sera pas développé plus loin.

## 4.2 Les coûts sociaux subis par les entreprises

En lien avec les coûts supportés par les individus (santé, sommeil...), les entreprises privées et publiques subissent à leur tour des effets en termes de **perte de productivité** de leurs salariés, qui se répercutent sur leur performance économique globale. A cela se rajoutent les **pertes de journées de production** provoquées par les difficultés d'adaptation des salariés à un environnement bruyant : accidents du travail, turnover, absentéisme, voire des conflits au sein du personnel et des grèves.

Dans des cas particuliers, notamment lorsque la compréhension de la parole est au cœur de l'activité, le bruit associé à une mauvaise acoustique du bâtiment peut être à la source **d'incompréhensions** ou de pertes d'informations. Quelques situations peuvent être citées à titre d'exemple : le bruit et l'acoustique au tribunal, qui peut entraîner des confusions, ou encore le cas des universités, où le suivi du cours en amphithéâtre est rendu difficile.

## 4.3 Les coûts subis par les services publics et le contribuable

L'Etat et la Sécurité Sociale sont amenés à payer une partie des dégâts subis par les individus et les entreprises, détournant ainsi l'argent public vers des utilisations « réparatrices » plutôt que « créatrices ». Une des conséquences les plus significatives et directes des nuisances sonores sur les finances publiques concerne les coûts sanitaires, en majorité supportés par la Sécurité Sociale : les **soins médicaux** et les **consommations de médicaments** (liées par exemple aux maladies cardiovasculaires, aux pertes auditives, et à la dépression), ainsi que **l'indemnisation des accidents du travail**. Il se rajoute notamment à ce coût celui des **interventions policières** liées à des plaintes de bruit du voisinage.

Parmi les effets plus indirects figure la perte de liberté dans les usages du sol, et de possibilités **d'aménagement du territoire**. Il s'agit essentiellement des territoires interdits à la construction du fait d'une source de bruit (exemple des territoires situés à l'intérieur des plans d'exposition au bruit des aéroports) et des obligations d'isolement à proximité d'axes bruyants (ex. voies routières ou ferrées). Par ailleurs, les pertes de productivité soulignées plus haut (pour les individus et les entreprises) entraînent indirectement une **perte de rentrées fiscales** (cotisations sociales, impôts) pour les caisses publiques. Enfin, il convient de mentionner les **dépenses publiques engagées pour réduire le bruit**, bien que l'étude de ce point soit en dehors du périmètre de la présente étude.

## 4.4 Les coûts subis par le patrimoine et la nature

Un effet indirect majeur des nuisances sonores est la **perte de valeur immobilière**, avec un marché pouvant aller jusqu'à dévaloriser de plusieurs dizaines de milliers d'euros un bien exposé au bruit, dont l'occupant subira des gênes, des troubles du sommeil, et des maladies. Pour un propriétaire occupant, il

s'agit d'une double peine : le fait de subir les coûts directs du bruit, et de voir son bien dévalorisé à la revente

Les nuisances sonores, notamment celles liées aux transports, peuvent altérer la tranquillité des aires publiques de récréation (parcs, forêts, lacs,...), dégrader la jouissance des lieux de la part des visiteurs, mais également avoir des effets négatifs sur la faune et la flore, perturbant entre autre le cycle de reproduction des espèces. Ce point reste cependant très peu étudié à ce jour et ne sera pas développé plus loin.

## 5 LES COÛTS SOCIAUX QUANTIFIÉS DANS LES TRAVAUX DE RECHERCHE EXISTANTS

Les possibilités offertes par les méthodes d'enquête, les modèles économiques et les données existantes ne permettent de quantifier qu'une partie des coûts sociaux décrits plus haut. Dans certains cas, des chiffres sont disponibles (ex. % de salariés gênés par le bruit au travail), mais les études ne vont pas jusqu'à la monétisation (ex. le coût économique de la perte de productivité et de pertes de journées de production par salarié). Dans d'autres cas, notamment pour celui des transports, de nombreuses études sont disponibles, à la fois sur le nombre d'individus exposés et sur le coût par individu. Cependant, les travaux existants donnent des résultats disparates, que la présente étude a cherché à confronter et à synthétiser.

La littérature est organisée par origine du bruit, structure qui sera dorénavant reprise dans ce rapport. Les trois sources majeures de bruit qui seront abordées sont : le bruit des transports (routier, ferroviaire, aérien), le bruit en milieu professionnel et scolaire, et le bruit de voisinage (particuliers, établissements bruyants, dont loisirs). Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des coûts sociaux du bruit décrits dans le Chapitre 2, par origine et par conséquence, et identifie les coûts sociaux quantifiés dans la littérature, sur lesquels se concentrera le reste du rapport.

Dans certains cas indiqués où la littérature ne fournit pas de traduction financière du coût social du bruit, mais où il semblait important d'indiquer l'ampleur potentielle du phénomène, la présente étude fournira une estimation en détaillant ses hypothèses, à interpréter avec les précautions nécessaires.

Tableau 1: Périmètre des coûts sociaux du bruit dans les travaux existants (quantifiés ou non)

Origine du bruit	Conséquences	Parties prenantes affectées	Quantifié dans la littérature?	Traduit en coût financier?
Transports	Gêne	Individus	Oui	Oui
	Maladies cardiovasculaires	Individus, Sécurité Sociale	Oui	Oui, partiellement
	Troubles du sommeil	Individus, Sécurité Sociale	Oui	Oui, partiellement
	Perte indirecte de productivité	Individus	Non	Non, mais estimation indicative fournie par la présente étude
	Perte de valeur immobilière	Individus, Collectivités locales	Oui	Oui
	Entrave au parcours scolaire	Individus	Non	Non, mais estimation indicative fournie par la présente étude
	Aménagement du territoire	Etat	Non	Non
	Perte de rentrées fiscales et de cotisations sociale	Etat, Sécurité Sociale, Collectivités	Non	Non
Milieu professionnel et scolaire	Perte de productivité	Individus, Entreprises	Non	Non, mais estimation indicative fournie par la présente étude
	Pertes de journées de production (turnover, absentéisme, grèves, conflits entre collègues)	Entreprises, Etat	Non	Non
	Accidents du travail	Individus, Entreprises, Sécurité Sociale	Oui	Oui
	Surdité	Individus, Entreprises, Sécurité Sociale	Oui	Oui
	Autres coûts sanitaires	Individus, Entreprises, Sécurité Sociale	Non	Non
	Entrave au parcours scolaire	Individus	Oui	Non, mais estimation indicative fournie par la présente étude
	Incompréhensions et pertes d'information	Entreprises	Non	Non
Perte de rentrées fiscales et de cotisations sociales	Etat, Sécurité Sociale, Collectivités	Non	Non	

Origine du bruit	Conséquences	Parties prenantes affectées	Quantifié dans la littérature?	Traduit en coût financier?
Voisinage	Gêne	Individus	Oui, partiellement	Oui, estimation indicative fournie par la présente étude
	Maladies cardiovasculaires	Individus, Sécurité Sociale	Non	
	Troubles du sommeil	Individus, Sécurité Sociale	Non	
	Perte de valeur immobilière	Individus, Collectivités locales	Oui, partiellement	Oui, partiellement
	Entrave au parcours scolaire	Individus et Etat	Non	Non
	Incivilité et conflits de voisinage	Individus, Etat (interventions policières)	Oui, partiellement	Non

## 6 LES METHODES ET MODELES ECONOMIQUES PERMETTANT DE MESURER LE COUT SOCIAL DU BRUIT

La mesure du coût social du bruit consiste dans un premier temps à quantifier le nombre d'individus exposés à une source de bruit, et dans un deuxième temps à associer un coût monétaire par individu exposé. Ce coût monétaire dépendra de plusieurs facteurs :

- Le niveau du bruit, évalué en décibels, auquel est exposé l'individu : les études sur le bruit des transports (qui est de loin la source de bruit la mieux couverte par les recherches), tiennent compte de ce facteur ;
- La durée et la fréquence d'exposition au bruit : les indicateurs utilisés ( $L_{DEN}$  et  $L_{NIGHT}$ ) permettent d'exprimer les niveaux pour une exposition dite de long terme (représentative d'une moyenne sur l'année typiquement) ;
- Le moment de la journée pendant lequel le bruit est émis : l'indicateur  $L_{DEN}$  (cf. définition  $L_{DEN}$ , section 3.2) distingue les périodes de jour, de soirée et de nuit et affecte une pondération plus importante pour le bruit en soirée (+5 dB(A)) et pour le bruit de nuit (+10 dB (A));
- La fréquence du bruit (aigu ou grave) : l'oreille humaine est davantage sensible aux sons aigus qu'aux sons graves ; les sonomètres effectuant les mesures sont équipés de systèmes de correction (filtre de pondération de type A) pour tenir compte de ce facteur ;
- La qualité acoustique du lieu : un logement de bonne qualité acoustique subira un coût social moindre par rapport à un logement mal isolé (les évaluations faites pour le coût du bruit des transports se basent sur des niveaux de bruit estimés à l'extérieur en faisant l'hypothèse pour le chiffrage des conséquences sur la santé des populations exposées à l'intérieur des bâtiments d'un niveau d'isolation acoustique moyen de 25 dB(A)) ;

Le présent chapitre décrit les modèles permettant de mesurer le nombre d'individus exposés, ainsi que le coût social par individu.

### 6.1 Quantifier le nombre d'individus exposés au bruit

Dans le cas du bruit des transports, origine du bruit étudiée de la manière la plus détaillée, le nombre d'individus exposés aux différentes sources de bruit (trafic routier, ferroviaire et aéroportuaire) est estimé à partir d'évaluations des niveaux de bruit effectuées à l'extérieur des logements à quatre mètres au-dessus du niveau du sol, au sein des grandes agglomérations, et le long des grandes infrastructures de transports, pour les indicateurs  $L_{DEN}$  et  $L_{NIGHT}$ . Ces travaux d'élaboration de cartes stratégiques de bruit, exigés par la directive européenne 2002/49/CE permettent par exemple à l'Agence Européenne de l'Environnement de constituer une base de données répertoriant pour les différents pays de l'Union Européenne le nombre de personnes exposées, par source, en distinguant le niveau de bruit moyen pondéré sur la journée ( $L_{DEN}$ ) et le niveau de bruit de nuit ( $L_{NIGHT}$ ).

## 6.2 La monétisation du coût social du bruit : avantages et limites

La traduction monétaire du coût social du bruit permet d'apporter des bases solides et des valeurs économiques de référence dans le cadre de politiques ou de projets de réduction des nuisances sonores. Comme évoqué en introduction de ce rapport à titre d'exemple, dans le cas de bruit des transports, l'analyse permet d'éclairer l'élaboration de politiques de tarification, afin d'internaliser le coût social du bruit dans les tarifs.

La monétisation repose sur des méthodes différentes visant à traduire un phénomène social (ex. le manque de sommeil) en termes économiques (ex. la perte de production due au manque de sommeil). Cette traduction est réalisée par le biais de facteurs financiers censés incarner les répercussions économiques du bruit. Les facteurs financiers les plus communément utilisés pour la mesure du coût social du bruit sont les impacts sur la santé, la perte de productivité, et la perte de valeur immobilière. Ces facteurs ont l'avantage d'avoir une valeur sur le marché (ex. la valeur d'une heure de production, le prix du foncier) mais ne fournissent que des indications partielles de la peine engendrée pour les victimes des nuisances sonores et leurs familles.

La présente étude prendra le soin d'explicitier, pour chaque conséquence du bruit quantifiée par la littérature, la signification de l'indicateur monétaire, ainsi que ses limites.

## 6.3 Comment est monétisé le coût social du bruit pour un individu exposé

Une série de méthodes économiques sont mobilisés pour traduire le coût social du bruit en termes économiques. Ces modèles sont plus généralement utilisés pour mesurer d'autres phénomènes pouvant a priori sembler insaisissables et intangibles, non-valorisés par le marché, mais auquel la collectivité attribue bel et bien une valeur (ici un environnement calme) ou un coût (ici la pollution sonore).

### La méthode des coûts évités

La méthode des coûts évités permet d'estimer la valeur de services environnementaux, déduite à partir des coûts qui seraient engagés si ces services venaient à disparaître ou leur qualité altérée. Lorsqu'elle est appliquée au cas de la pollution sonore, elle consiste à mesurer les coûts financiers provoqués par l'environnement bruyant, notamment les impacts sanitaires et la perte de productivité au travail.

La méthode la plus courante d'évaluation des impacts sanitaires des pollutions sonores est basée sur l'utilisation de **fonctions dose-effet** qui mesurent la relation entre l'exposition à un agent (ex. le bruit) et ses effets (les impacts sanitaires). L'application de ces fonctions à la distribution de l'exposition au bruit au sein de la population permet de déterminer le nombre de cas attribuables (pour chaque effet considéré) à l'exposition au bruit dans cette population.

Ainsi, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans une étude internationale coordonnée avec le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne<sup>4</sup>, a évalué, à l'échelle européenne, pour chacun des impacts sanitaires reconnus du bruit des transports (perturbations du sommeil, maladies cardiovasculaires, troubles de l'apprentissage, acouphènes et gêne), la charge de morbidité au moyen de l'indicateur quantitatif des « années de vie en bonne santé perdues » (en anglais : disability-adjusted life-years, ou DALYs). Les données de populations exposées s'appuient sur les données d'exposition au bruit produites, via les cartes stratégiques de bruit, en application de la directive européenne 2002/49/CE à l'échelle des agglomérations ou des Etats membres pays, et remontées auprès de l'AEE (Agence Européenne de l'Environnement). Les fonctions dose-effet préconisées par l'OMS s'appuient sur un

---

<sup>4</sup> World Health Organization (2011), Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe.

ensemble d'études épidémiologiques qui ont été menées par diverses équipes de recherche scientifique. En multipliant les années de vie en bonne santé perdues du fait du bruit des transports par la valeur monétaire d'une année de vie en bonne santé préconisée par l'OMS<sup>5</sup>, il est ainsi possible de quantifier le coût social lié à la dégradation de la santé engendrée par le bruit des transports

La fiabilité de ce type de méthode repose d'une part sur la précision des statistiques d'exposition au bruit des populations, d'autre part sur l'évaluation du coût par individu. Cette dernière dépend de la qualité des études épidémiologiques réalisées, et de la possibilité de les transposer à la population à laquelle on souhaite appliquer la relation dose-effet. Il n'est pas du ressort de cette étude de réaliser l'analyse critique de ces sources de données, mais d'identifier les institutions (ex. OMS, EEA) et les études les plus fiables ayant déjà réalisé cette analyse critique.

Concernant le coût des journées de travail perdues, les effets des pollutions sonores peuvent être directs (ex. bruit au sein du milieu professionnel) ou indirects (perte de productivité lié aux troubles du sommeil ou autres effets sanitaires provoqués par le bruit). Il n'existe cependant pas d'étude ayant établi une relation complète et fiable entre l'exposition au bruit et la perte de productivité.

### La méthode des prix hédoniques

La méthode des prix hédoniques fait partie des méthodes à **préférences révélées** par un prix de marché. Elle consiste à révéler la valeur accordée à un service (ici un environnement calme) à travers le prix payé pour un bien ou un service incluant ce service environnemental (ici le prix de l'immobilier dans un environnement plus ou moins bruyant). En effet, un phénomène environnemental comme le bruit influence souvent les prix de l'immobilier. Les modèles hédoniques sont estimés en utilisant des analyses de régression ; celles-ci consistent à comparer les prix à travers différents environnements (ici des environnements calmes comparés à des environnements bruyants), et mesurer par exemple une éventuelle chute du prix des propriétés exposées au bruit.

La méthode des prix hédoniques est un principe pertinent pour évaluer le coût social du bruit. Elle permet de chiffrer la valeur accordée par un habitant à un environnement calme, en termes de confort ou d'agrément ; ou inversement, la gêne occasionnée par un environnement bruyant. La gêne et le confort sont des sentiments économiquement intangibles, qui se voient ainsi attribuer une valeur.

La méthode des prix hédoniques permet également d'évaluer, de manière plus directe, la perte de valeur immobilière subie par un propriétaire. Pour un propriétaire occupant, il s'agit d'une « double peine » : le fait d'être gêné par le bruit, et de voir son bien immobilier dévalorisé à la revente. Ces deux coûts, bien que représentés par la même valeur, reflètent des phénomènes coûts bien distincts.

La principale limite de la fiabilité de la méthode des prix hédoniques est le fait que les prix de l'immobilier sont dus à de nombreux facteurs. Les analyses en régressions cherchent à contrôler ou « geler » les facteurs autres que le bruit. Pour des raisons de coût et de disponibilité des données, elles sont cependant forcées à effectuer des choix quant aux facteurs inclus dans l'analyse. Enfin, les résultats des analyses en régressions n'ont qu'une valeur de « corrélation » entre le bruit et la valeur de l'immobilier, corrélation qui peut être plus ou moins robuste.

### La méthode à préférences déclarées

La méthode des préférences déclarées procède par sondage, en interrogeant les populations sur les montants qu'elles consentiraient à payer pour jouir d'un service rendu par l'environnement.

---

<sup>5</sup> Georges F., Heroux M-E., Fong K., OMS (2013), *Public health and economic burden of environmental noise*, Internoise 2013, Innsbruck, Austria

Plusieurs sondages ont été réalisés en France auprès des populations en lien avec le bruit en milieu professionnel et le bruit du voisinage. Les résultats ne vont pas jusqu'à recueillir un consentement à payer auprès des populations, mais donnent des indications quant au nombre d'individus potentiellement affectés par ces sources de bruit. La présente étude reposera sur ces résultats pour estimer l'ampleur potentielle du coût social de ces sources de bruit.

La principale limite de la méthode à préférences déclarées est leur subjectivité et le fait qu'elle soit entièrement déclarative. Elle va par exemple reposer sur la manière dont la question est formulée.

### **La méthode de transfert de valeurs**

Cette méthode est aussi appelée transfert de bénéfices ou transfert d'avantage. Il s'agit du transfert d'estimations existantes en vue de les utiliser dans le cadre d'une nouvelle étude, différente de celle pour laquelle elles ont été initialement établies. Ce transfert nécessite généralement des ajustements statistiques et contextuels.

La principale limite de cette méthode est que les situations comparées ne sont évidemment pas comparables en tous points. La méthode de transfert de valeurs n'est pas apparue dans la littérature étudiée à l'occasion de la présente étude. Nous l'emploierons cependant afin d'estimer le coût du bruit du voisinage, en utilisant les résultats obtenus à partir de la littérature sur le coût social du bruit des transports.

### **L'application de ces méthodes pour mesurer le coût social du bruit**

Les différentes méthodes décrites ci-dessous sont employées pour évaluer le coût social du bruit :

- la méthode des coûts évités (par l'utilisation de fonctions dose-effet) est employée dans la littérature pour estimer le coût lié à la gêne, aux risques cardiovasculaires (infarctus du myocarde notamment), les troubles du sommeil, et les troubles de l'apprentissage induits par le bruit des transports ;
- la méthode des prix hédoniques est employée par la présente étude pour estimer la perte de valeur attribuée par les citoyens aux nuisances sonores (ou la valeur accordée au calme) via la perte de valeur immobilière induite par le bruit des transports ;
- la méthode de transfert de valeurs est employée par la présente étude pour estimer le coût de la gêne, des risques cardiovasculaires et des troubles du sommeil induits par le bruit de voisinage, à partir des résultats disponibles pour le bruit des transports.

Parmi les coûts sociaux du bruit en milieu professionnel, la revue littéraire effectuée dans le cadre de la présente étude n'a identifié que deux postes de coût, la surdité professionnelle et les accidents du travail provoqués par un environnement de travail bruyant. Ces coûts sont estimés à partir de la méthode des coûts évités. Deux études ont par exemple utilisé cette méthode pour chiffrer le coût de la surdité professionnelle:

- l'une en additionnant les coûts générés par les différents dommages provoqués par la surdité professionnelle, mesurant ainsi le coût complet<sup>6</sup> ;
- l'autre comparant le coût de la prévention au coût de réparation de la surdité<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Dominique Chamonard (1977), *Coût économique et social du bruit en milieu industriel*, Groupe de recherche e.b.m,

<sup>7</sup> Thierry Schneider (1986), *L'évaluation économique de la prévention des surdités professionnelles*

La littérature fournit peu d'estimations quantitatives des coûts sociaux du bruit lié au voisinage. A partir de quelques indications existantes, le présent rapport emploie un raisonnement par analogie (par la méthode de transfert de valeurs) pour estimer le coût social du bruit du voisinage à partir de celui des transports.

#### **6.4 La valeur à accorder aux résultats quantitatifs de la présente étude**

Selon la source et la conséquence des pollutions sonores, la fiabilité et la disponibilité des travaux diffèrent. Les estimations du coût social du bruit des transports sur la gêne les risques cardiovasculaires et les troubles du sommeil peuvent être considérées comme relativement robustes, mais restent sous-évaluées car elles n'intègrent que l'impact sur la dégradation de la vie en bonne santé et n'incluent pas les conséquences économiques liées aux coûts d'hospitalisation (hormis pour les maladies cardiovasculaires) ou de consommation médicamenteuse ; celles sur la perte de productivité au travail ou les troubles de l'apprentissage sont incertaines. De même, les travaux sur le coût social des bruits en milieu professionnel ou les bruits du voisinage sont incomplets.

Cependant, l'objectif de la présente étude est de dégager des tendances lourdes, de hiérarchiser les problématiques, et de permettre au lecteur de former son propre jugement sur l'ampleur des phénomènes étudiés. L'incertitude n'empêche pas de fournir les clés pour agir, et met en lumière les recherches complémentaires à mener afin de combler des connaissances manquantes, mais pouvant être jugées importantes.

## 7 RESULTATS DE L'ESTIMATION DES COÛTS SOCIAUX DES POLLUTIONS SONORES

L'estimation qui résulte de ce travail est certainement très incomplète. En effet, Les effets du bruit à quantifier ont d'une part une origine (par exemple le bruit des transports) et d'autre part sont ressentis par une population dans le cadre d'une activité (par exemple toujours pour le bruit des transports, dans la rue elle-même, au domicile, à l'école, à l'hôpital ou au bureau), Bien entendu, pour chacune des populations/activités exposées, il faut considérer d'une part les différentes sources de bruit, et d'autre part les différents « défauts » des équipements, infrastructures, et/ou bâtiments, qui rendent possible l'exposition de la population/activité à la source de bruit considérée.

Pour tenter d'être exhaustif, Il y aurait donc lieu dans un tout premier temps de construire une matrice permettant de croiser ces différentes situations, et d'identifier dans cette matrice les cellules improbables, ou simplement sans objet, les cellules qui correspondent à des situations ayant fait l'objet d'études répertoriées dans la bibliographie, et celles correspondant à des situations qui n'ont pas fait l'objet d'études.

Le tableau ci-dessous illustre la démarche qui devrait être poursuivie pour tendre vers le recensement exhaustif des situations à étudier.

Population occupée à l'activité principale	Domicile	Transport	Bureau	Atelier	Scolaire	Soins	Sport	Loisir
Source de bruit								
Transports	O	N	N	NC	N	N	NC	N
Activité elle même	NC	NC	N	O	P	P	N	N
Voisin même immeuble	P	NC	N	NC	N	N	NC	N
Voisin (extérieur)	P	NC	N	NC	N	N	NC	N

Légende :

- « O » Oui pris en compte dans la présente étude,
- « P » a été partiellement pris en compte dans la présente étude,
- « N » Non, n'a pas été pris en compte dans la présente étude,
- « NC » Non concerné

Le tableau présenté ci-dessus doit être considéré comme une simple ébauche, ainsi par exemple, le bruit dans une classe, quelle que soit son origine peut avoir deux types de conséquences dont le coût peut être évalué :

- des effets sur les élèves (fatigue, perte d'attention, diminution de la concentration, perte d'intelligibilité des messages pédagogiques, ...) avec comme conséquence une moindre performance de l'apprentissage,
- des effets sur les enseignants (fatigue, démotivation, extinction de voix, ...) conduisant notamment à de l'absentéisme, et une moindre efficacité de l'enseignement,

De même, le bruit en milieu hospitalier peut avoir

- des effets sur le personnel, avec des conséquences sur l'absentéisme, l'efficacité, etc.

- des effets sur les patients avec des conséquences sur la rapidité de la guérison, et donc sur la durée du séjour à l'hôpital.

Dans les deux exemples ci-dessus, on peut considérer que les effets sur les professionnels, avec leur conséquences en absentéisme, perte d'efficacité... ont été macroscopiquement pris en compte dans la présente étude, par contre, les effets sur les populations d'élèves, n'ont été que partiellement pris en compte, et ceux sur les patients ont été ignorés dans la présente étude.

## 7.1 Bruit des transports

Ce chapitre vise dans un premier temps à présenter les coûts individuels par type d'effet sanitaire (gêne, risques cardio-vasculaires, troubles du sommeil...). Ceux-ci, croisés avec les résultats de populations affectées par tranche d'exposition au bruit et type de transport, permettent d'évaluer le coût global induit par le bruit des transports.

### 7.1.1 Coûts par individu du bruit des transports

Les effets du bruit étudiés dans le cadre du présent rapport sont la gêne, les troubles du sommeil et les risques cardiovasculaires, qui sont reconnus par la communauté scientifique comme des effets certains du bruit et pour lesquels suffisamment de données sont disponibles. Le tableau suivant résume les données de coûts individuels récurrents utilisés ultérieurement dans le calcul du coût social :

Tableau 2 : Coût de la gêne et des troubles du sommeil induits par le bruit des différents transports, par personne et par an, par tranche de 5 dB(A) (valeurs pour la France)

	Indicateur de bruit	< 42 dB(A)	42 - 55 dB(A)	55 - 59 dB(A)	60 - 64 dB(A)	65 - 69 dB(A)	70 - 74 dB(A)	> 75 dB(A)
<b>Gêne</b>								
Trafic routier	Lden	0	28	82	130	201	302	302
Trafic ferroviaire	Lden	0	9	34	64	112	184	184
Trafic aérien	Lden	0	32	137	218	315	429	429
		< 45 dB(A)	45 - 49 dB(A)	50 - 54 dB(A)	55 - 59 dB(A)	60 - 64 dB(A)	65 - 69 dB(A)	> 70 dB(A)
<b>Troubles du sommeil</b>								
Trafic routier	Lnight	0	156	232	334	463	617	704
Trafic ferroviaire	Lnight	0	80	117	167	230	306	350
Trafic aérien	Lnight	0	216	308	426	570	740	835

Ainsi, le coût annuel de la gêne et des troubles du sommeil pour une personne affectée par le bruit routier à un niveau d'exposition sonore compris entre 70 et 74 dB(A) selon l'indicateur Lden agrégé sur la journée et 60 et 64 dB Lnight la nuit s'élève à  $302 + 463 = 765$  €.

Une revue des données disponibles dans la littérature a par ailleurs été réalisée. Les chiffres collectés sont disponibles en Annexe.

Ces données de coûts individuels, utilisées ultérieurement dans le calcul, ont été obtenues par estimation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues, méthode tirée de l'étude de référence publiée par

l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2011<sup>8</sup> et de la valorisation économique proposée par l'OMS<sup>9</sup> des effets du bruit sur la santé. L'approche qui y est décrite ainsi que les principales hypothèses ont été appliquées à la région Île-de-France dans une étude récemment réalisée par Bruitparif<sup>10</sup>, et ont été reprises depuis dans plusieurs publications, comme celle du DEFRA<sup>11</sup>. Les coûts par individu de chaque effet sanitaire (gêne, troubles du sommeil et risques cardiovasculaires) sont déterminés à partir des éléments suivants :

- Le nombre d'années de vie dégradées du fait de la gêne, des troubles du sommeil et des maladies cardiovasculaires, ainsi que le nombre d'années perdues du fait de la mortalité prématurée liée à la survenue d'infarctus du myocarde fatals. Ces données sont elles-mêmes obtenues à partir des informations suivantes :
  - Le nombre d'évènements sanitaires répertoriés dans la population pour chaque effet sanitaire considéré.
  - La distribution de l'exposition aux différentes sources du bruit des transports au sein de la population.
  - Les relations connues de type dose-effet pour chaque effet sanitaire et chaque source de bruit.
  - Le coefficient d'incapacité associé à chaque effet sanitaire.
- La valeur économique d'une année de vie en bonne santé, autrement appelée « valeur statistique économique d'une année de vie », est évaluée à 50 000 €. Pour cette évaluation, l'OMS a pris en compte la méthodologie et les hypothèses appliquées dans le rapport de la Commission Européenne sur la politique REACH<sup>12</sup>, proposant une plage de valeurs allant de 50 000 € à 100 000 € pour la valeur statistique économique d'une année de vie en Europe.

Les données d'années de vies dégradées ou perdues du fait des maladies cardiovasculaires n'ont pu être établies que pour les infarctus du myocarde et pour l'exposition au bruit routier pour lesquels l'OMS fournissait une évaluation des risques relatifs. En raison des différences de nature entre le bruit routier et les bruits d'origine ferroviaire ou aéroportuaire (qui comportent davantage de bruits de nature événementielle, pics de bruit), l'application de l'évaluation aux autres modes de transport (ferré, aérien) n'a pas été jugée transposable et n'a donc pas été effectuée.

Il s'agit là d'un facteur important de sous-estimation des conséquences du bruit des transports car de nombreuses études ont démontré les effets cardiovasculaires des expositions au bruit du trafic aérien notamment. Il a été ainsi établi scientifiquement que l'exposition au bruit du trafic aérien à des niveaux sonores élevés augmente le risque d'infarctus, maladies coronariennes et cardiovasculaires, comme l'atteste une étude parue en 2013 dans le British Medical Journal (BMJ) menée auprès de 3,6 millions de personnes résidant dans les arrondissements de l'ouest londonien à proximité de l'aéroport d'Heathrow<sup>13</sup>, Une autre étude réalisée aux Etats-Unis sur 89 aéroports et plus de 6 millions d'individus résidant à proximité en 2009 fait également état du lien positivement avéré entre exposition à long terme au bruit des

---

<sup>8</sup> World Health Organization (2011), *Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe*

<sup>9</sup> Georges F., Heroux M-E., Fong K., OMS (2013), *Public health and economic burden of environmental noise*, Internoise 2013, Innsbruck, Austria

<sup>10</sup> BruitParif, ORS Ile de France (2015), *Impact sanitaire du bruit des transports dans l'agglomération parisienne : quantification des années de vie en bonne santé*

<sup>11</sup> DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs) UK (2014), *Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet*

<sup>12</sup> European Commission DG Environment (2012), *Assessment of the Health and Environmental Benefits of REACH*

<sup>13</sup> BMJ 2013 ; 347 :f5432 *Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London : small area study*

avions au-delà d'un certain niveau sonore et hospitalisation pour maladie cardiovasculaire<sup>14</sup>. Les études récentes menées autour des aéroports européens dans le cadre du projet HYENA<sup>15</sup> viennent le confirmer également.

Les conséquences que recouvrent concrètement chacun des effets, telles que communément décrites dans la littérature, sont détaillées ci-dessous.

### **Gêne**

Le coût de la gêne liée au bruit des transports correspond tout d'abord à l'évaluation de la dégradation de la qualité de vie telle que ressentie par les populations exposées au bruit. Ce coût est évalué dans la littérature par l'utilisation de fonctions dose-effet. Ces dernières fournissent la relation entre l'exposition sur la journée au bruit (estimée à travers l'indicateur Lden) pour chaque type de transport et ses effets en termes de gêne déclarée (pourcentages de personnes se déclarant très gênées), qui peuvent ensuite être convertis en années de vie en bonne santé perdues du fait de la gêne liée au bruit des transports.

La gêne liée au bruit des transports a également des répercussions en termes de pertes de valeurs immobilières. Celles-ci peuvent être évaluées par l'indice *Noise Sensitivity Depreciation Index* (NSDI), qui calcule le pourcentage de dégradation des prix immobiliers pour chaque décibel supplémentaire observé. Il s'agit d'une méthode des prix hédoniques : les prix immobiliers révèlent la volonté de payer pour un environnement moins bruyant.

L'étude réalisée par Faburel en 2006<sup>16</sup> fournit des résultats spécifiques à la France, renvoyant vers différents travaux, notamment une analyse de la dépréciation immobilière pour cause de bruit des avions dans 8 communes proches de l'aéroport d'Orly<sup>17</sup>. Appliquant la méthode des prix hédoniques à près de 700 logements, cette étude conclut à une décote immobilière observée sur les communes environnantes se traduisant par un indice NSDI de 0,96%, situé dans la fourchette haute des valeurs relevées dans la littérature (cf. Tableau 4 en annexe). Par comparaison avec une ville totalement épargnée par les avions, cette dépréciation équivaut à 10% du capital immobilier, soit 10 000€ en moyenne par logement.

En extrapolant ce pourcentage de dépréciation de 10% à l'échelle nationale, appliqué à un patrimoine immobilier moyen par ménage de 190 000 euros<sup>18</sup> et aux plus de 18 millions de ménages exposés au bruit des différents types de transport à des niveaux d'exposition sonores supérieurs à 50 dB(A) Lden selon l'indicateur agrégé sur la journée, une première estimation donne un montant de perte de valeur immobilière instantanée de plus de 350 milliards d'euros. En supposant la durée de vie d'un bâtiment à 50 ans, le coût annuel de la perte de valeur immobilière induite par le bruit des transports s'établit à 7,1 milliards d'euros.

### **Troubles du sommeil**

Le coût des troubles du sommeil liés au bruit des transports correspond à l'évaluation de la dégradation de la qualité du sommeil. Ce coût est évalué dans la littérature par l'utilisation de fonctions dose-effet. Cette

---

<sup>14</sup> BMJ 2013 ; 347 :f5561, *Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases : multi-airport retrospective study*

<sup>15</sup> <http://www.hyena.eu.com/>

<sup>16</sup> Faburel G., Chatelain F., Gobert J., Lévy L., Manola T., Mikiki F., Zegagh D., (2006), *Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens – Tome 1 : Etat des savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d'environnement*

<sup>17</sup> Faburel G. Maleyre I., Peixoto F., 2004, *Dépréciation immobilière et ségrégation sociale pour cause de bruit des avions - Mesures économétriques et analyse territoriale dans 8 communes proches de l'aéroport d'Orly*, IUP Université Paris XII Créteil

<sup>18</sup> Le Figaro (2009), *Ce que possèdent les Français*, <http://www.lefigaro.fr/patrimoine/2009/03/03/05001-20090303ARTFIG00441-ce-que-possedent-les-francais-.php>

dernière fournit la relation entre l'exposition nocturne au bruit pour chaque type de transport et ses effets en termes de troubles du sommeil (pourcentage de personnes se disant très perturbées dans leur sommeil). Les coûts de consultations médicales et de traitements sont exclus de ce montant.

### **Autres impacts sur la santé**

Les autres impacts sur la santé recouvrent notamment les années de vie en bonne santé dégradées ou perdues (DALY) consécutives à l'apparition de maladies cardiovasculaires induites par le bruit des transports. Comme précédemment expliqué, seuls les impacts en termes de DALY liés à la survenue d'infarctus du myocarde en lien avec l'exposition au bruit routier ont été intégrés dans la présente étude. L'étude a par contre également cherché à estimer la part attribuable au bruit des transports dans les coûts de traitement et d'hospitalisation des maladies cardiovasculaires, en considérant que le bruit était responsable de 3% des maladies cardiovasculaires. Le coût du traitement en affection de longue durée pour les maladies cardiovasculaires évalué pour le régime général s'élevait à 17,9 milliards d'euros en 2007<sup>19</sup>, la part de ce coût attribuable au bruit des transports s'établirait ainsi à 537 millions d'euros (3%).

### **Perte de productivité au travail**

S'il est clairement établi que le bruit affecte la santé et notamment le sommeil d'une part, et qu'une santé dégradée et le manque de sommeil influent sur la productivité au travail d'autre part, les travaux ne parviennent pas encore à établir une relation complète entre le bruit, les troubles du sommeil et autres impacts sanitaires, et la perte de productivité au travail.

L'étude réalisée par le DEFRA<sup>20</sup> indique un coût de perte de productivité induit par les troubles du sommeil de 176 euros par personne et par an en Australie et de 218 euros au Japon. En estimant à 15% la part des troubles du sommeil engendrés directement par le bruit, et rapportées à la population française, ces valeurs permettent d'évaluer un coût annuel de la perte de productivité en France induit par le bruit des transports compris entre 1,7 et 2,2 milliards d'euros.

Afin de pouvoir évaluer plus précisément l'impact du bruit sur la perte de productivité au travail, des recherches complémentaires sur le lien entre troubles du sommeil liés au bruit et perte de productivité apparaissent nécessaires. Parmi les champs restant à investiguer figurent la quantification du lien entre troubles du sommeil et productivité du lendemain, l'estimation des impacts sur la productivité des effets du bruit sur la santé, et l'examen des éléments établissant le lien entre bruit et distraction sur le lieu de travail.

### **Troubles de l'apprentissage**

L'exposition des enfants (ou des adultes apprenants) au bruit en dehors de l'enceinte scolaire, et notamment au bruit des transports, entraîne des troubles du sommeil qui eux même sont à l'origine des difficultés de concentration et affecte les fonctions cognitives des écoliers, entraînant ainsi retard dans l'apprentissage et problèmes de comportement.

D'après une étude réalisée pour le compte du CSNA en 2007<sup>21</sup>, les enfants seraient particulièrement touchés par les nuisances sonores du trafic aérien, et ce à différents niveaux :

---

<sup>19</sup> CNAMTS (2010), *Segmentation des assurés du Régime général*, Journées CNAMTS

<sup>20</sup> DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs) UK (2014), *Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet*

<sup>21</sup> Charre S., Faburel G. (2007), *Effet des nuisances aériennes sur la scolarité et la santé des enfants*

1. Le bruit du trafic aérien aurait des effets négatifs sur le parcours scolaire, perturbant notamment l'apprentissage des acquis fondamentaux (compréhension de la parole, acquisition du langage, lecture).
2. Les nuisances sonores aériennes auraient par ailleurs des effets physiologiques sur la santé. Une exposition à des niveaux de bruit élevés serait susceptible d'affecter leur système endocrinien et cardiovasculaire et altérer leur bien-être par le stress généré et les perturbations du sommeil induites. A noter que les effets physiologiques méritent des recherches approfondies en France, où les études et résultats sont peu nombreux et encore controversés pour certains.
3. Le bruit des transports aérien agirait enfin sur la santé psychologique et le comportement social.

Une autre étude européenne RANCH (Road Traffic and Aircraft Noise and Children's Cognition and Health: Exposure – Effect, Relationships and Combined Effects) a été menée autour des aéroports d'Amsterdam/Schiphol, de Londres/Heathrow et de Madrid/Barajas. Elle s'est intéressée à l'impact de l'exposition au bruit des avions à l'école sur la qualité de vie et d'apprentissage des enfants.

Toutefois, en l'absence d'estimation approfondie du phénomène à l'échelle française, la présente étude fournit une estimation reposant sur l'étude de l'OMS, réalisée en collaboration avec le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne<sup>22</sup>, évaluant les impacts sanitaires du bruit des transports à l'échelle de l'Europe de l'ouest à partir de la charge de morbidité, au moyen de l'indicateur quantitatif des « années de vie en bonne santé perdues » (en anglais : disability-adjusted life-years, ou DALYs). L'étude de l'OMS évalue à un million d'années de vie perdues en bonne santé en Europe de l'ouest en raison du bruit des transports, dont 903 000 années en raison des perturbations du sommeil, et 45 000 années en raison des troubles de l'apprentissage, soit vingt fois moins.

La présente étude se sert de ce dernier résultat afin d'estimer, à titre indicatif, le coût social des troubles de l'apprentissage en France, à partir de celui des troubles du sommeil (qui repose lui sur une littérature robuste). Le coût social annuel des troubles du sommeil étant de l'ordre de 6 milliards d'euros (cf. conclusion du présent chapitre), la présente étude évalue celle des troubles de l'apprentissage liés au transport à vingt fois moins, soit 300 millions d'euros.

A nouveau, afin de pouvoir évaluer plus précisément l'impact du bruit sur les troubles de l'apprentissage, des recherches complémentaires seraient nécessaires sur le lien complet entre les troubles du sommeil en lien avec le bruit, la performance académique, et la production économique au cours de la vie professionnelle.

### **7.1.2 Populations exposées au bruit des transports**

L'exploitation de la base de données d'exposition au bruit de l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA)<sup>23</sup> permet de déterminer le nombre de personnes affectées par le bruit des transports, selon chaque mode de transport et par tranche de niveau de bruit.

Ces données, couvrant l'année 2012, proviennent des informations des cartographies stratégiques du bruit transmises par chaque état membre à l'EEA dans le cadre de la Directive européenne relative au bruit dans l'environnement, et compilées par le Centre Thématique Européen (European Topic Centre on Air Pollution) sur la pollution de l'air et l'Office pour l'atténuation du Changement Climatique (Climate Change Mitigation Office).

Ces valeurs, complétées par celles du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), prenant en compte les mises à jour datant de l'été 2015, ont été

---

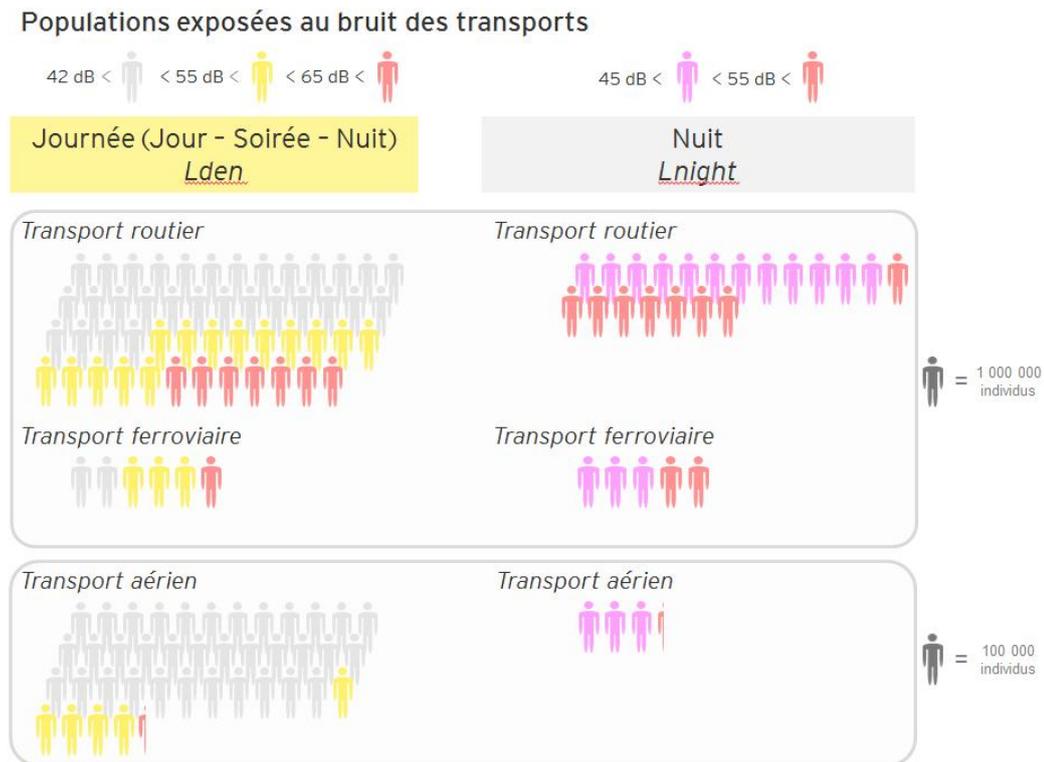
<sup>22</sup> World Health Organization (2011), Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe

<sup>23</sup> [cdr.eionet.europa.eu/fr/eu/noise/colt5vp4w](http://cdr.eionet.europa.eu/fr/eu/noise/colt5vp4w)

Ces données incluent les mises à jour les plus récentes allant jusqu'à juillet 2015.

utilisées pour le calcul du coût social du bruit. En ce qui concerne le bruit du trafic aérien, les données, déterminées à partir des plans de gêne sonore (PGS), plans d'exposition au bruit (PEB) et courbes d'environnement sonore (CES) transmis par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), couvrent les trois principaux aéroports franciliens (Paris – Charles de Gaulle, Orly et Le Bourget), ainsi que les principaux aéroports de province (Toulouse, Marseille, Nice, Nantes, Lyon, Bordeaux, Strasbourg et Bâle).

L'illustration suivante résume le nombre d'individus touchés par type de transport, répartis par niveau d'exposition sonore et moment de la journée :



### Trafic routier

Près de 52 millions d'individus sont affectés par le trafic routier en moyenne sur la journée selon l'indicateur agrégé *Lden* (jour, soirée, nuit), répartis entre 47 millions situés en agglomération<sup>24</sup> et 5 millions habitant le long des axes routiers majeurs<sup>25</sup>.

Ceux-ci se répartissent entre :

- Près de 31 millions de personnes exposées à un niveau situé entre 42 dB(A) et 55 dB(A) *Lden* (équivalent à l'intensité normale de la voix humaine)
- 14 millions entre 55 et 65 dB(A) *Lden* (équivalent à un restaurant tranquille ou une conversation normale)
- Plus de 7 millions exposés à un niveau sonore supérieur à 65 dB(A) *Lden* (équivalent au bruit d'un marché animé ou d'une salle de classe bruyante).

<sup>24</sup> Agglomération de plus de 100 000 habitants.

<sup>25</sup> Les axes routiers majeurs correspondent à ceux dont le trafic annuel est supérieur à 3 000 000 véhicules par an

Le nombre total de personnes affectées par le bruit du transport routier de nuit s'élève à près de 20 millions, avec la répartition suivante : 12 millions d'individus exposés entre 45 et 55 dB(A) Lnight et 8 millions exposés à un niveau supérieur à 55 dB(A) Lnight.

### ***Trafic ferroviaire***

6 millions d'individus sont exposés au bruit des trains sur la journée selon l'indicateur agrégé Lden (jour, soirée, nuit):

- 2 millions de personnes sont exposées à un bruit compris entre 42 et 55 dB(A) Lden
- 3 millions entre 55 et 65 dB(A) Lden
- 1 million à un niveau sonore supérieur à 65 dB(A) Lden.

De nuit, 3 millions de personnes environ sont exposées à un bruit compris entre 45 et 55 dB(A) Lnight et 2 millions exposés à un niveau supérieur à 55 dB(A) Lnight.

### ***Trafic aérien***

Les données de population à jour les plus fiables, utilisées dans le calcul du coût social, couvrent les trois principaux aéroports franciliens (Paris – Charles de Gaulle, Orly et Le Bourget) ainsi que les principales plateformes de province (Toulouse, Marseille, Nice, Nantes, Lyon, Bordeaux, Strasbourg et Bâle).

Sur ce périmètre, 4 millions de personnes sont ainsi affectées sur la journée selon l'indicateur agrégé Lden (jour, soirée, nuit). L'essentiel d'entre elles (3,5 millions) sont exposées à un niveau compris entre 42 et 55 dB(A) Lden selon l'indicateur agrégé sur la journée, et plus de 500 000 le sont au-delà du seuil considéré comme critique de 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). De nuit, la population exposée reste de plus de 400 000 individus, essentiellement soumis à des niveaux d'exposition situés entre 45 et 55 dB(A) Lnight. Il est à noter que les données pour les expositions au bruit aérien sont peu disponibles pour l'indicateur Lden entre 42 et 50 dB(A) et pour l'indicateur Lnight de manière générale. Des extrapolations ont donc dû être réalisées.

**Les populations exposées au bruit des trafics routiers, ferroviaire et aériens étant considérées en grande partie séparées, il peut ainsi être estimé que près de 9 millions d'individus en France sont exposés en moyenne sur l'ensemble de la journée à un fort niveau de bruit (supérieur à 65 dB(A) Lden selon l'indicateur agrégé sur la journée pour les transports routier et ferroviaire, supérieur à 55 dB(A) Lden pour le transport aérien).**

## Conclusions et recommandations sur le bruit des transports

La donnée globale du coût social induit par le bruit des transports est obtenue par croisement pour chaque tranche de 5 dB(A) des coûts annuels par individu avec les données de population exposée. Ainsi, le **coût social annuel induit par les nuisances sonores des transports en France s'élève à plus de 20,6 milliards d'euros**, répartis selon les couples *type d'impact – origine du bruit* suivants :

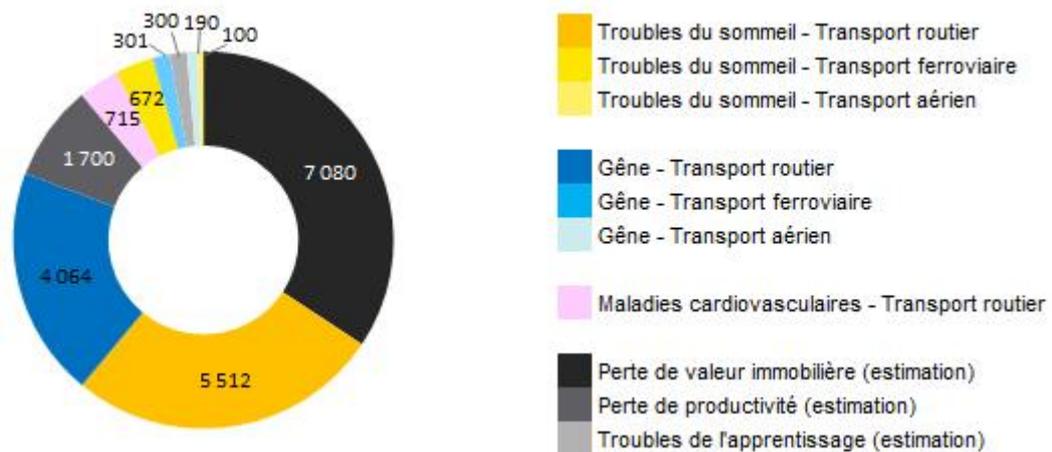


Figure 3 : Coût social du bruit des transports par couple type d'impact - origine du bruit (en millions d'euros)

Sur ce coût total, près de 11,5 milliards d'euros correspondent au coût sur la santé (gêne, troubles du sommeil et maladies cardiovasculaires), calculés à partir de paramètres fournis par les travaux existants.

Parmi ces 11,5 milliards d'euros, près de la moitié est due aux troubles du sommeil induits par le trafic routier (48%). La gêne induite par le trafic routier représente le deuxième coût le plus important (35%).

En termes de source, le coût sur la santé du bruit est majoritairement induit par le trafic routier (89% du coût total), devant le trafic ferroviaire (9%) et l'aérien (2%).

Les troubles du sommeil représentent le principal type d'impact (54% du coût total), devant la gêne (40%) et les maladies cardiovasculaires (6%).

Ces résultats du coût sur la santé et leur répartition par type d'impact et origine du bruit peuvent être interprétés par la combinaison d'un effet « population » et d'un effet « coût » :

- Bien que le coût par individu soit plus élevé à un niveau d'exposition donné, le coût sur la santé induit par le bruit du transport aérien reste plus faible en absolu, la population affectée par des niveaux critiques étant près de 15 fois inférieure à celle touchée par le trafic routier et 2 fois inférieure à celle concernée par le trafic ferroviaire.
- Le coût des troubles du sommeil, bien que sous-estimé car excluant les coûts de consultations médicales et de traitements (cf. §7.1.1 *Coûts par individus du bruit des transports* ci-dessus), est significativement supérieur à ceux de la gêne et des autres impacts sur la santé.
- Le coût des maladies cardiovasculaires apparaît significativement inférieur à ceux des troubles du sommeil ou de la gêne, et ce pour plusieurs raisons. L'étude de quantification des années de vie en bonne santé perdues a tout d'abord été limitée à la prise en compte de la survenue d'infarctus du myocarde en lien uniquement avec l'exposition au bruit du trafic routier, en raison de l'absence de données disponibles pour les autres modes de transports. Or, les effets cardiovasculaires du bruit ne se limitent pas à la survenue d'infarctus du myocarde. Par ailleurs, de nombreuses études

récentes ont également démontré l'impact du bruit aérien sur l'hypertension artérielle et les risques de maladies cardiovasculaires. Bien qu'une tentative d'intégration des coûts imputables au bruit de l'hospitalisation pour cause de maladies cardiovasculaires ait été mise en œuvre, le coût social du bruit des transports en matière de maladies cardiovasculaires apparaît clairement sous-estimé dans la présente étude.

Les recommandations proposées par la présente étude consistent à compléter les connaissances manquantes par les principaux postes de coûts sociaux du bruit des transports qui sont potentiellement significatifs mais dont l'estimation est, à ce jour, incomplète.

1. **Affiner l'estimation du coût social du bruit des transports aériens** : les données disponibles de populations exposées et de coût social subies par ces populations en France, relativement précises pour l'Île-de-France (Paris– Charles de Gaulle, Orly et Le Bourget), sont disponibles de manière incomplète ou indirecte pour les principaux aéroports de province (Toulouse, Marseille, Nice, Nantes, Lyon, Bordeaux, Strasbourg et Bâle) via le nombre de logements dans le PGS. Notre première recommandation consiste à atteindre le même niveau de finesse sur le reste de la France qu'en Île-de-France. On remarquera que même en Île-de-France, il conviendrait de disposer de données plus précises pour les expositions nocturnes à partir de 45 dB(A) (indicateur Lnight) et pour les niveaux d'exposition modérés sur la journée (entre 42 dB(A) et 50 dB(A) selon l'indicateur Lden).
2. **Compléter l'estimation du coût social du bruit des transports sur la santé** : comme indiqué au chapitre 7.1.1 *Coûts par individu du bruit des transports*, le coût des autres impacts sur la santé intègre la dégradation de l'état de santé d'un individu par rapport à un « idéal » d'années de vie en bonne santé ainsi que les coûts de traitement des maladies cardiovasculaires. En revanche, ceux de médication et d'hospitalisation notamment liés aux conséquences des troubles du sommeil ne sont pas pris en compte. Une étude détaillée des coûts sanitaires des populations soumises à ces troubles serait à même de compléter les estimations existantes du coût social du bruit des transports.
3. **Approfondir la mesure du coût social du bruit des transports sur la perte de productivité au travail** : bien que l'impact du bruit des transports sur les troubles du sommeil, et celui des troubles du sommeil sur la productivité au travail soient des phénomènes avérés, le lien complet n'est à ce jour pas mesuré. Il serait ainsi pertinent de mener des études de cohorte, comparant la perte de productivité d'une cohorte soumise au bruit des transports à la productivité d'une autre cohorte dormant dans le calme. L'expérimentation serait réalisée sur des tâches comparables à celles que les individus doivent réaliser dans le cadre de leur travail. Les résultats de telles études permettraient d'affiner le paramétrage des fonctions dose-effet en ce qui concerne la perte de productivité liée au bruit des transports.
4. **Approfondir la mesure du coût social du bruit des transports sur les troubles d'apprentissage** : de même, les travaux existant ne quantifient pas le lien complet entre le bruit des transports, les troubles du sommeil chez les enfants, la baisse de performance académique, et la perte de production dans la vie professionnelle. Pour combler ce manque, les travaux futurs devraient quantifier le lien entre le bruit, les difficultés de concentration et de mémorisation, et le nombre d'années d'études. Le lien entre ce dernier paramètre et la production économique est en effet déjà étudié et connu.

## 7.2 Bruit en milieu professionnel

**Dans cette rubrique, sont inclus aussi bien les bruits en milieu professionnels industriels, que les bruits en milieu scolaire, et les bruits en milieu hospitalier.**

### Les conséquences du bruit au travail

Bien que les études existantes sur la monétisation du coût social du bruit au travail soient parcellaires, et parfois anciennes, le regroupement des connaissances existantes sur le sujet permet de mesurer l'ampleur de cette problématique, et quelques-uns de ses effets socio-économiques.

Le bruit au travail peut avoir des conséquences diverses : tout d'abord, il est la cause principale de la surdité professionnelle, qui est reconnue comme maladie professionnelle, et du phénomène de fatigue auditive, également reconnu comme maladie professionnelle<sup>26</sup>. Le bruit au travail peut également masquer les signaux d'alerte ou détourner l'attention, augmentant ainsi le risque d'accident du travail qui peut à son tour mener à des journées d'absence. Ensuite, il peut entraîner une perte de productivité des employés, mais aussi des conflits entre collègues, suite à de potentielles incompréhensions ou pertes d'informations. Il peut créer des situations de stress engendrant des coûts sanitaires divers et variés (prise de médicaments, consultations médicales, etc...) et également engendrer des pertes de journées de travail en raison de l'absentéisme, du turnover, voire de grèves en partie liées à un environnement de travail bruyant. Le bruit en milieu professionnel et ses conséquences sont un phénomène d'ampleur grandissante (cf. encadré ci-dessous).

#### **Davantage de salariés exposés au bruit dans un contexte de meilleur repérage des expositions**

Au cours des quinze dernières années, la proportion de salariés exposés à des bruits supérieurs à 85 dB(A), toutes durées d'exposition confondues, s'est accrue, passant de 13 % en 1994 à 18 % en 2003 puis 20 % en 2010 (tableau 4). Cette hausse concerne l'ensemble des catégories professionnelles mais est particulièrement marquée pour les ouvriers. Il est possible que cette évolution provienne en partie d'un meilleur repérage du bruit grâce à des campagnes de mesurage. En 2006, l'abaissement du seuil réglementaire à 80 dB(A) - seuil au-dessus duquel les salariés doivent faire l'objet d'une surveillance renforcée - a pu accroître le nombre de salariés plus particulièrement suivis par les médecins du travail du fait de leur exposition au bruit (*Source : SUMER- Charge mentale en hausse, contraintes physiques en baisse. Travail & Sécurité- Mai 2012*).

Les seuls coûts sociaux mesurés à ce jour à partir de la littérature concernent les accidents du travail et les maladies professionnelles. Quelques études étrangères portant sur la perte de productivité au travail fournissent néanmoins des repères permettant d'établir une estimation du coût social du bruit lié à la perte de productivité en France.

### **Le coût social des maladies professionnelles et des accidents de travail liés au bruit en milieu professionnel**

En 2014, la Caisse Primaire d'Assurance Maladie a répertorié 822 nouvelles surdités professionnelles et a calculé un coût de 85 millions d'euros associés à ces maladies professionnelles<sup>27</sup>. Cela implique un coût par personne estimé à 103 000 euros, ce qui est confirmé par une étude de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) qui

<sup>26</sup> INRS (2016), Effets sur la santé du bruit, Santé et sécurité au travail, <http://www.inrs.fr/risques/bruit/effets-sante.html>

<sup>27</sup> CPAM, Rapport de Gestion 2014, Tableau 19, page 34, « 42. Affections provoquées par les bruits ».

estime que le **coût moyen direct associé à une surdité professionnelle** (i.e. l'indemnisation de la maladie professionnelle) est de **94 000€ pour les entreprises**<sup>28</sup>.

Ce coût concerne uniquement les personnes affectées en 2014, et exclut ainsi les personnes affectées les années précédentes, et indemnisées en 2014. En revanche, ce coût s'étale sur l'ensemble de la vie des personnes concernées. Il peut donc être considéré comme une bonne indication du coût social de la surdité professionnelle sur une année.

En 1983, le Ministère des affaires sociales estimait que 10% des coûts des accidents du travail et maladies professionnelles étaient directement liés aux nuisances sonores sur le lieu de travail, ce qui représentait environ 15 milliards de francs français, soit 4,5 milliards d'euros courants (chiffre tenant compte de l'inflation depuis 1983). En 2014, le budget de la Sécurité Sociale pour les accidents du travail et maladies professionnelles représentait 12 milliards d'euros. En maintenant la part de 10% de ces derniers liés directement au bruit (une hypothèse très fragile car prise d'une étude datant de 1983), on obtiendrait un coût social de 1,2 milliards d'euros pour les accidents du travail et maladies professionnelles (surdité). Ce montant incluant les 85 millions d'euros liés à la surdité professionnelle identifié dans le paragraphe ci-dessous, on peut estimer que le coût des accidents de travail liés aux nuisances sonores sur le lieu de travail est de 1,1 milliards environ.

---

<sup>28</sup> INRS (2009), *Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit*

### Illustration : étude ayant permis d'établir le coût global direct de la surdité professionnelle

Une étude menée par Dominique Chamonard sur un échantillon de 892 salariés travaillant dans 14 entreprises de la région toulousaine<sup>1</sup>, donne une fourchette d'estimation du coût global direct de la surdité professionnelle par individu en sommant les coûts directs associés à une surdité professionnelle. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3: Résumé du coût global direct de la surdité professionnelle exprimée en Euros 2014 (Dominique Chamonard, Coût économique et social du bruit en milieu industriel, Groupe de recherche e.b.m, 1977)<sup>1</sup>

	Evaluation basse (€)	Evaluation haute (€)
Rente pendant 16 ans (travail perdu)	34 678	59 318
Coût de diagnostic	684	1 238
Coût de suivi	2 190	2 190
Coût des journées de travail perdues pour diagnostic et démarches administratives	256	511
Coût de l'appareillage (prix moyen)	1 141	1 141
<b>Total</b>	<b>38 949</b>	<b>64 398</b>

La rente est le poste de dépense le plus important dans le coût d'une surdité professionnelle (environ 90% du total). Ce coût est assimilable à celui du travail perdu. La maladie professionnelle donne en effet droit au versement d'une rente, indexée sur le salaire de l'employé malade. La rente étant versée à vie, la durée de versement a été calculée par la différence entre l'espérance de vie des catégories socio-professionnelles représentées (69 ans) et l'âge moyen au jour de la demande de la reconnaissance (53 ans), soit 16 ans. On estime donc que la rente est versée pendant 16 ans.

En l'absence d'information sur le salaire des personnes de l'échantillon, l'étude de Dominique Chamonard s'est appuyée sur le salaire minimum retenu par la Sécurité Sociale pour les rentes d'accident du travail et de maladie professionnelle pour l'évaluation basse, et a estimé le revenu maximal des catégories sociales représentées pour l'évaluation haute. La fourchette d'estimation s'explique également par l'amplitude potentielle des taux d'Incapacité Permanente et Partielle (I.P.P), en d'autres termes le degré de gravité de la surdité.

Une étude dirigée par Thierry Schneider, publiée par l'INSERM, cherche à comparer les coûts de prévention de la surdité aux coûts de réparation. Cette étude explique cependant que ces coûts ne peuvent être comptabilisés de la même façon, en raison du fait que les entreprises ont une préférence pour le présent : la recette ou dépense à un instant  $t$  a un poids plus important que celle en  $t+1$ . La prise en compte des coûts de réparation, qui arrivent donc ultérieurement, tend à diminuer le coût effectif de la mise en œuvre de la prévention.

L'équipe de Thierry Schneider a mesuré, par la méthode des coûts évités, les gains obtenus pour l'entreprise suite à une action de prévention. Pour une action de prévention coûtant 16 360 francs (soit 4 194 euros de 2014), les gains liés aux coûts de réparation évités se chiffrent à un peu plus de 48 000 francs (soit 12 305 euros de 2014), soit un gain net d'environ 32 000 francs (soit 8 203 euros de 2014)<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Thierry Schneider (1986), *L'évaluation économique de la prévention des surdités professionnelles*

## La gêne et la perte de productivité liées au bruit en milieu professionnel

Les études sur le coût social du bruit en milieu professionnel mettent en lumière la difficulté à chiffrer les impacts qui ne sont pas directement liés à la baisse de l'audition ou aux accidents du travail. En effet, il est difficile d'identifier au niveau microéconomique, et a fortiori au niveau macroéconomique, les départs et absences liés exclusivement à la non adaptation à un environnement bruyant (ex : stress, dépression, agacement, etc...), ou encore les conflits des personnels et les grèves provoquées en partie par le bruit au travail.

Pourtant, de nombreuses études ont été menées sur l'impact du bruit au travail sur la productivité et la perte de journées de production. Parmi les nombreuses expériences et enquêtes qui ont été menées, nous pouvons citer les résultats de certaines d'entre elles en fonction des conséquences suivantes :

- Baisse de performance dans les tâches cognitives (mobilisation de la mémoire, arithmétique) : plusieurs études ont démontré que le bruit détériorait la performance des travailleurs dans les tâches cognitives, surtout lorsqu'elles sollicitent la mémoire à court terme<sup>30</sup>.
- Impact sur la satisfaction au travail : une autre étude réalisée auprès de 2391 employés sur 58 sites démontre que la gêne occasionnée par le bruit en milieu professionnel était corrélée avec l'insatisfaction au travail<sup>31</sup>.
- Perte de concentration : une étude anglo-saxonne a été réalisée auprès de 88 individus exposés à plusieurs bruits dans leur espace de travail (des bureaux). En plus de démontrer que les individus interrogés ne s'habituait pas au bruit, l'étude montre que 57% des personnes rapportent une "détérioration majeure" de leur concentration par une ou plusieurs sources sonores<sup>32</sup>. L'étude DEFRA "*Estimating the productivity impacts of noise*" confirme l'ampleur du phénomène puisqu'elle agrège les résultats de plusieurs études conduites aux Etats-Unis et avance que 70% des employés interrogés déclarent qu'ils seraient plus productifs si ils étaient dans un environnement moins bruyant<sup>33</sup>.

Si les auteurs de ces études ont réussi à récolter suffisamment d'éléments probants permettant d'affirmer que le bruit au travail est source de gêne et de perturbation affectant la productivité<sup>34</sup>, aucune étude n'est parvenue à quantifier l'impact final sur la productivité.

Pour établir un tel chiffrage, il serait nécessaire que les travaux de recherche établissent le nombre de personnes dont la productivité est affectée par le bruit (idéalement en utilisant une échelle allant de « gêne modérée » à « gêne majeure »), chiffrent la perte de productivité associée à cette gêne (en % de perte de productivité) et à définissent la durée de cette gêne à l'échelle d'une année.

Afin de fournir une indication de l'ampleur potentielle du phénomène, la présente étude fournit une estimation du coût socio-économique de la perte de productivité dans le monde de l'entreprise à travers le raisonnement suivant :

- 57% des personnes travaillant dans un bureau rapportent une "détérioration majeure" de leur concentration par une ou plusieurs sources sonores (nous avons pris le parti de prendre la donnée

---

<sup>30</sup> Banbury, Berry, *The disruption office-related tasks by speech and office noise*, British journal of psychology, 1998, 89, 499-517 et INRS, Site internet, <http://www.inrs.fr/risques/bruit/effets-sante.html>

<sup>31</sup> Sundstrom E., Town J.P., Rice R. W., Osborn, D. P., Brill (1994), M., *Office Noise, Satisfaction, and Performance, Environment and Behavior*, March 1994 vol. 26 no. 2 195-222

<sup>32</sup> Banpury SP, Berry DC (2005), *Office noise and employee concentration: identifying causes of disruption and potential improvements*, Ergonomics, 2005 Jan; 48 (1):25-37

<sup>33</sup> Banpury SP, Berry DC (2005), *Office noise and employee concentration: identifying causes of disruption and potential improvements*, Ergonomics, 2005 Jan; 48 (1):25-37

<sup>34</sup> DEFRA, P.A. Morgan, L. Morris, M. Muirhead (2011), *Estimating the productivity impacts of noise*, Transport Research Laboratory report prepared for Defra, Air and Local Environment – Natural Environment Economics

la plus conservatrice). Les limites de cette estimation résident dans la taille restreinte de l'échantillon de l'étude, du fait qu'elle s'applique seulement aux individus travaillant dans des bureaux et du fait qu'elle n'a pas été réalisée en France.

- Nous prenons le parti de limiter notre calcul au secteur du tertiaire étant donné que l'étude porte sur des professionnels travaillant dans des bureaux. Selon les données INSEE portant sur l'année 2013, 76 % de la population active en emploi en France travaille dans le secteur tertiaire, ce qui représente environ 19,6 millions personnes<sup>35</sup>.
- Nous supposons à titre purement indicatif pour cette étude que cette « détérioration majeure » équivaut à une perte de 5 jours de travail, i.e. environ de 35 heures de production (une hypothèse qui nécessiterait d'être fiabilisée par des travaux de recherche complémentaire). La productivité horaire en France étant de 45,4 euros<sup>36</sup>, ces 35 heures de production permettent une production équivalente à 1589 euros.

Ces hypothèses permettent d'estimer que le bruit en milieu professionnel provoquerait chaque année une perte économique de l'ordre de 18 milliards<sup>37</sup> d'euros en France pour le secteur tertiaire.

### Les conséquences du bruit en milieu scolaire sur l'apprentissage des écoliers

Les pollutions sonores au sein de l'établissement scolaire, se traduisent par une détérioration de l'apprentissage et, in fine, un déficit de qualifications et une perte de productivité lors du parcours professionnel.

Les nuisances sonores subies au sein des établissements scolaires sont souvent significatives. En janvier 2007, Johannes Ziegler, chercheur au CNRS au sein du Laboratoire de psychologie cognitive de Marseille, faisait état d'un bruit moyen de 72 dB dans les salles de classe en France, « soit celui d'un carrefour bruyant ». Le premier effet d'une telle situation est que l'instituteur se voit contraint d'élever la voix, ce qui entraîne dans certains cas des extinctions de voix. Une étude menée en 2013 par Nick Durup, de la London South Bank University, estimait que 73000 journées de travail étaient perdues chaque année pour les instituteurs dans les écoles primaires du Royaume-Uni, pour un coût de £15 million (environ 19 million d'euros). Ce résultat fournit un ordre de grandeur pour le cas français, mais il est loin de représenter l'ampleur du phénomène.

En effet, les nuisances sonores au sein des établissements scolaires provoquent des difficultés pour l'instituteur à transmettre le message. Selon Johannes Ziegler, le bruit de fond dans certaines salles de classes peut atteindre 94 dB, ce qui abaisse l'intelligibilité de la parole de 50%. En outre, les nuisances sonores provoquent des difficultés de concentration et de mémorisation, et dégradent ainsi la qualité de l'apprentissage et la performance scolaire. De nombreuses études démontrent ce lien entre les nuisances sonores et les performances scolaires. Par exemple, une enquête menée entre 2007 et 2012 à Besançon, sur 579 élèves de CE2 dans 31 écoles publiques, a montré que ce lien était manifeste y compris avec des niveaux de bruit modérés. L'équipe pluridisciplinaire en charge de cette enquête<sup>38</sup> a constaté que les tâches complexes (lecture, résolution de problèmes) n'étaient pas les seules affectées. Mêmes les activités plus simples et répétitives pouvaient en effet être perturbées.

---

<sup>35</sup> INSEE (2013), Emploi par activités, [http://www.insee.fr/fr/mobile/etudes/document.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=T15F047](http://www.insee.fr/fr/mobile/etudes/document.asp?reg_id=0&ref_id=T15F047)

<sup>36</sup> Eurostat et OCDE cité dans le Figaro, <http://www.lefigaro.fr/emploi/2013/02/21/09005-20130221ARTFIG00552-les-francais-travaillent-moins-mais-sont-plus-productifs.php>

<sup>37</sup> 18 milliards = 19,6 millions de personnes travaillant en France dans le secteur tertiaires, multipliés par 57% de personnes déclarant une « détérioration majeure » de leur concentration, multipliés par 1589€ de production perdue par personne

<sup>38</sup> Laboratoire de psychologie, laboratoire Chrono-environnement, Éducation nationale, laboratoire ThéMA, centre scientifique et technique du bâtiment et institut Femto-ST

Il existe ainsi une littérature abondante sur les liens entre les nuisances sonores et la performance scolaire, bien que celle-ci se limite à l'éducation primaire, et à l'acquisition des savoirs de base en langage et en mathématiques. Il existe par ailleurs des données reliant la performance scolaire à la production économique (et le PIB), avec des études examinant les relations entre le prolongement des études (ou le décrochage scolaire) et la production économique. Un résumé de la littérature internationale, réalisé en 2012 le *Transport Research Laboratory* au Royaume-Uni dans son étude *Estimating the productivity impacts of noise*, relate par exemple que chaque année d'éducation supplémentaire (au-delà de l'enseignement obligatoire) se traduit à terme pour l'élève par une augmentation de 3-6% de la production économique.

La littérature existante n'établit cependant pas de relation complète et robuste entre les nuisances sonores, la performance scolaire, et la productivité. Un chaînon manquant serait notamment une estimation de la part attribuable aux nuisances sonores dans le décrochage scolaire, qui représente un des coûts sociaux majeurs de la dégradation de l'apprentissage. Selon le Ministère de l'Éducation Nationale, 110 000 jeunes sortent chaque année en France du système scolaire sans diplôme ni qualification. Toujours selon le Ministère, le coût estimé d'un décrocheur tout au long de sa vie est de 230 000 d'euros. Le décrochage scolaire représente donc chaque année en France un coût de près de 30 milliards d'euros. Les causes du phénomène sont nombreuses, complexes, et entremêlées ; isoler la part des nuisances sonores relève de travaux de recherche complémentaires. En supposant cependant, à titre purement indicatif, que 20% du décrochage scolaire est imputable aux nuisances sonores au sein de la salle de classe, le coût social du bruit sur le parcours scolaire serait de l'ordre de 6 milliards d'euros. L'hypothèse paraît prudente au regard des niveaux de bruit observés. Il convient enfin de noter que le résultat ne tient pas compte de conséquences autres que le décrochage scolaire.

### **Les conséquences du bruit en milieu hospitalier sur les patients**

Une étude de Gilles Souet de l'ARS Centre<sup>39</sup>, fait apparaître que l'exposition au bruit en milieu hospitalier se traduit notamment par :

- une augmentation de la sensibilité au bruit par rapport à une personne saine,
- une diminution de la capacité à lutter contre le stress, perturbation du sommeil,
- une augmentation des délais de récupération, des délais de cicatrisation, de la prise de médicaments donc des temps de séjour en milieu hospitalier,
- des infections post opératoires entraînant un prolongement du séjour hospitalier.

Ces constats ne sont pas assortis d'évaluation monétaire. Il y aurait lieu de poursuivre l'étude des mécanismes décrits, en distinguant notamment les différentes origines du bruit et de chiffrer les conséquences monétaires associées.

### **Conclusions et recommandations sur le bruit en milieu professionnel ou scolaire**

L'évolution du monde du travail a pu réduire l'attention portée par les décideurs et l'opinion publique au sujet du bruit au travail. La problématique pourrait cependant rester significative : d'après une étude de Malakoff Médéric, 58% des salariés se disent exposés au bruit<sup>40</sup>, soit environ 14 millions de personnes. Ces facteurs de risque ont un impact non négligeable sur la fatigue nerveuse et/ ou physique : les salariés qui travaillent dans le bruit la plupart du temps sont 80 % à déclarer avoir un travail nerveusement fatigant

---

<sup>39</sup> Gilles Souet, ARS Centre (2015), *Recensement des études sur l'influence du bruit sur la santé des patients en milieu hospitalier*

<sup>40</sup> Malakoff Médéric (2014), *Santé et bien-être en entreprise – Chiffres clés 2013*

(contre 70 % en moyenne) et 72 % à déclarer avoir un travail physiquement fatigant (contre 47 % en moyenne).

En l'état des quelques connaissances existantes, le coût social du bruit en milieu professionnel peut être évalué à plus d'un milliard d'euros, en ne tenant compte que des accidents du travail et maladies professionnelles attribuables au bruit (surdité professionnelle, effet de masque sur les signaux d'alerte, détournement d'attention, entrave à la communication). Cette estimation est basée sur une hypothèse datant de 1983 de la part du Ministère des affaires sociales, évaluant à 10% la part des accidents du travail et maladies professionnelles liés au bruit. Notre première recommandation serait de mettre à jour cette hypothèse au regard des évolutions du monde du travail depuis plus de 30 ans.

En tenant compte du coût lié à la perte de productivité, le coût social global du bruit s'élève alors à **près de 19 milliards d'euros par an**. Ramené à une entreprise de 100 salariés, cet ordre de grandeur signifierait que chaque année en France, une entreprise moyenne subirait un coût de 100,000 € en termes de pertes de production en lien avec le bruit au sein de l'entreprise. Cette estimation fait face à deux limites importantes :

1. le nombre d'individus exposés au bruit en milieu professionnel repose sur une étude qui couvre un petit échantillon et qui n'a pas été réalisée en France
2. le coût par individu a été estimé par la présente étude à titre purement indicatif pour illustrer l'ampleur potentielle du phénomène.

Notre seconde recommandation serait donc de mener une enquête globale sur l'impact du bruit en milieu professionnel sur la productivité en France (sur un échantillon représentatif et couvrant tous les secteurs de l'économie française). Il pourrait s'agir d'établir, comme pour le bruit des transports, une carte des « points noirs du bruit » pour ces milieux professionnels. Une telle cartographie, et ses conséquences sur la productivité, ferait cependant face à deux limites méthodologiques : les informations recueillies seraient basées sur des déclarations des salariés, et les niveaux de bruit mesurés feraient difficilement la distinction entre les bruits bénéfiques et les bruits perturbateurs.

En ce qui concerne le bruit en milieu scolaire, nous estimons qu'il représente un coût **d'au moins 6 milliards d'euros par an**. Ramené à une salle de classe de 25 élèves, cet ordre de grandeur signifierait que chaque année en France, une salle de classe moyenne engendrerait un coût de 12 500 € sur la production future de ses élèves. Afin d'affiner les connaissances à ce sujet, notre principale recommandation serait de réaliser une étude permettant d'estimer le rôle que joue le bruit en milieu scolaire dans le décrochage. Ce travail pourrait par exemple reposer sur des enquêtes auprès d'un échantillon de décrocheurs, ainsi qu'une étude de leurs conditions d'apprentissage, au sein de l'établissement scolaire et à l'extérieur, visant in fine à isoler la part du bruit dans le décrochage. Une estimation, même imparfaite, des conséquences du bruit au sein de la salle de classe permettrait de mieux éclairer les décisions quant au bien-fondé des actions d'atténuation du bruit, dont le coût serait à mettre au regard avec leurs bénéfices socio-économiques (à savoir les coûts évités en termes de décrochage ou autres conséquences du bruit).

### 7.3 Bruit de voisinage

Le coût du bruit de voisinage est particulièrement complexe à évaluer : si le bruit d'activités stables (transports, industrie, commerce) peut faire l'objet d'études, d'autres sources de bruit comme le voisinage sont plus complexes à saisir. Les sources de nuisances sonores sont diverses et, à décibel égal, n'affectent pas l'individu de la même façon. La manière dont est ressenti un bruit du voisinage intègre une composante individuelle subjective dont les études peuvent difficilement tenir compte. Les recherches bibliographiques réalisées dans le cadre de cette étude, tout comme le *Rapport de synthèse des études faisant état du coût social du bruit*<sup>41</sup>, concluent à l'absence à ce jour de monétisation du bruit de voisinage.

Pourtant, le bruit de voisinage figure parmi les bruits les plus durement ressentis par les français, comme en atteste le sondage « Les Français et les nuisances sonores » publié en septembre 2014 par l'IFOP. D'après les résultats de ce sondage, les personnes interrogées citent les bruits de voisinage comme la nuisance sonore la plus gênante à leur domicile avec la même occurrence que le bruit des transports<sup>42</sup> (cf. Figure 4).

Au-delà de la gêne, les bruits de voisinage ont également des effets directs et indirects sur la santé, le sommeil, le parcours scolaire, la diminution de valeur immobilière et le traitement policier et judiciaire des conflits entre voisins. S'il n'existe pas aujourd'hui de source permettant d'attribuer un coût à ces différents effets, les éléments à disposition indiquent que ce coût est conséquent, tant pour les individus touchés, que pour l'Etat et la société.

Dans la suite de cette partie, nous dresserons, pour chaque effet identifié, un état des lieux des informations (lien de causalité, quantification) disponibles dans la bibliographie. Nous proposerons également des pistes pour aller plus loin dans l'estimation du coût social du bruit du voisinage.

---

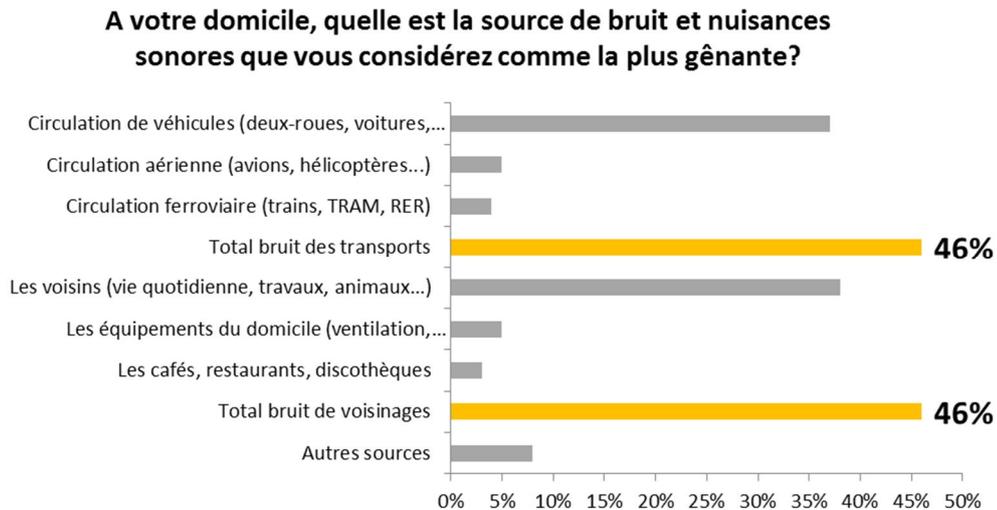
<sup>41</sup> Ministère des Affaires sociales et de la santé (2013), *Rapport de synthèse des études faisant état du coût social du bruit*

<sup>42</sup> IFOP (2014), Sondage « Les Français et les nuisances sonores », résultats portant sur les personnes déclarant être gênées par le bruit et les nuisances sonores à leur domicile (86% de l'échantillon)

## La gêne, les troubles du sommeil et autres impacts sur la santé liés au bruit du voisinage

Les résultats du sondage IFOP illustré ci-dessous, réalisé auprès de 1 000 personnes sur un échantillon représentatif<sup>43</sup> de la population française, montrent que les bruits de voisinage sont la **source principale de gêne pour 46% de l'échantillon** et que ce chiffre est le même pour les bruits des transports.

Figure 4: La gêne liée au bruit de voisinage tout aussi durement ressentie que la gêne liée au bruit des transports: résultats du sondage IFOP "les Français et le bruit"



Le rapport *Night noise Guidelines for Europe* de l'Organisation Mondiale de la Santé (2009) met en lumière les effets du bruit nocturne sur la santé. Il inclut tous les bruits auxquels les individus peuvent être exposés pendant la nuit, c'est à dire les bruits des transports et de voisinage. Le rapport cite un certain nombre d'effets sur la santé pour lesquels les liens de causalité sont avérés : la tension, l'anxiété et le « sentiment de pression » figurent parmi les effets psychologiques avérés tandis que l'on retrouve l'insomnie et les troubles du sommeil parmi les effets du bruit sur le sommeil.

Il n'existe cependant pas, à ce jour, d'évaluation du coût social du bruit de voisinage sur la santé en France.

Les résultats du sondage de l'IFOP mentionnés plus haut permettent, avec les précautions nécessaires, d'estimer par analogie le coût sur la santé du bruit du voisinage à partir des résultats obtenus pour le bruit des transports.

Le coût de la gêne, des troubles du sommeil et des maladies cardiovasculaires induits par le bruit du voisinage s'établit ainsi à 11,5 milliards d'euros.

### La diminution de la valeur immobilière

Comme pour le bruit des transports, les bruits de voisinage ont un effet direct sur la perte de valeur immobilière. Cette perte de valeur est estimée par la littérature dans une fourchette de 10 à 20%<sup>44</sup> ; cette décote est le plus souvent la conséquence de la présence d'un commerce (café, restaurant, discothèque,

<sup>43</sup> « La représentativité de l'échantillon a été assurée par la méthode des quotas (sexe, âge, profession de la personne interrogée) après stratification par région et catégorie d'agglomération ».

<sup>44</sup> Fourchette citée dans plusieurs articles de presse (Le Monde, Le Monde Argent) et validée par Monsieur Mignot, expert judiciaire agréé par la Cour de Cassation et acousticien.

salle de concert bruyant), le bruit de voisinage lié au comportement étant plus imprévisible et moins facile à établir par un nouvel acquéreur.

La valeur de l'immobilier à Paris a été estimée à 642 milliards d'euros en 2011<sup>45</sup>. Même si l'on supposait que 1% des biens immobiliers à Paris sont exposés au bruit des commerces, cela revient à une perte immobilière de **640 à 1 280 millions d'euros pour Paris seulement**. Une extrapolation prudente de ce coût social du bruit serait de **3 à 6 milliards d'euros à l'échelle de la France**. Il s'agit évidemment ici d'une estimation, cherchant à apprécier l'ampleur du phénomène, en l'absence d'estimations plus approfondies. En supposant la durée de vie d'un bâtiment à 50 ans, ce coût représenterait annuellement 120 millions d'euros.

### ***Le coût du traitement policier et judiciaire des conflits liés au bruit de voisinage***

Les bruits provoqués par les voisins peuvent mener à des conflits, voire à des recours en justice qui se révèlent coûteux tant pour les individus que pour l'Etat. Si nous ne disposons pas de données précises sur ce coût, il existe certains éléments qui pourraient être exploitées dans ce sens.

Par exemple, le rapport 2014 de l'Observatoire national de la délinquance et des réponses pénales indique que les nuisances sonores ont augmenté de 17,6 % entre 2012 et 2013 (12 408 faits constatés en 2013 contre 10 548 en 2012 par la gendarmerie nationale). Dans le détail :

- L'infraction « bruit, tapage nocturne troublant la tranquillité d'autrui » (NATINF 6068) est l'infraction la plus constatée avec 8 567 infractions en 2013 ;
- L'infraction « émission de bruit portant atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme » (NATINF 13313) a été reprise 1 257 fois en 2013 ;
- L'infraction « bruit, tapage injurieux diurne troublant la tranquillité d'autrui » (NATINF 6084), concerne 906 infractions en 2013.
- L'infraction « trouble à la tranquillité d'autrui par agressions sonores » (NATINF 12031), a été reprise lors de 753 interventions en 2013.
- L'infraction « aide ou assistance à une personne faisant du bruit ou tapage nocturne troublant la tranquillité d'autrui » (NATINF 20795) a été reprise 703 fois en 2013.

Si l'on suppose que le coût moyen de traitement des 12 408 faits constatés est de 500€ (estimation prudente en l'absence de donnée chiffrée), le coût du traitement des nuisances sonores pour la gendarmerie seule serait de **5 millions d'euros en 2013** ; ce calcul est une estimation et doit être pris avec précaution mais semble indiquer que ce coût semble être sans commune mesure avec d'autres postes de coût abordés précédemment (gêne, perte de valeur immobilière...).

Il n'existe pas de monétisation à l'heure actuelle du coût des conflits de voisinage mais **l'évaluation des coûts de traitement judiciaire du bruit** représente un point de départ, d'ailleurs préconisé dans le *Rapport de synthèse des études faisant état du coût social du bruit*<sup>46</sup>. Ce coût inclut le nombre d'heures nécessaires au traitement d'une plainte (déplacement des agents de police, nombre de personnes (équivalent temps plein) nécessaires pour le traitement juridique de la plainte, frais juridiques, etc.). Les données de l'Observatoire national de la délinquance et des réponses pénales peuvent servir de point de départ. Il

---

<sup>45</sup> Estimation Meilleurs Agents (données internes et notaires de Paris) : <http://www.challenges.fr/finance-et-marche/20110909.CHA4087/immobilier-paris-vaut-642-milliards-d-euros.html>

<sup>46</sup> Ministère des Affaires Sociales et de la Santé (2013), *Rapport de synthèse des études faisant état du coût social du bruit*

faudrait ensuite estimer le nombre d'équivalent temps plein moyen nécessaire au traitement d'une plainte ainsi que les frais moyens associés.

## Conclusions et recommandations sur le bruit du voisinage

Les études sur le coût social du bruit de voisinage mettent en lumière la difficulté à chiffrer l'ensemble des impacts liés au bruit de voisinage. L'une des principales difficultés réside dans la difficulté de cartographier au niveau local, et a fortiori au niveau national, les « zones » de bruit de voisinage, comme cela a pu être fait pour le bruit des transports.

Estimer un coût global du bruit de voisinage requiert la collecte de données supplémentaires mais également l'établissement d'un lien de causalité entre le bruit et ses effets directs et indirects pressentis. L'établissement de ces liens de causalité constitue la première étape essentielle pour permettre d'attribuer un coût social aux bruits de voisinage. En effet, il peut se révéler difficile d'isoler la « part de responsabilité » du bruit de voisinage pour les troubles du sommeil ou les effets sur la santé.

Il est aujourd'hui possible d'estimer un coût partiel pour le bruit de voisinage, comme cette étude l'a effectué pour les effets sur la santé et la perte de valeur immobilière. Ces estimations conservatrices et partielles permettent de faire une première estimation du coût social du bruit du voisinage. Il peut être estimé à 11,5 milliards d'euros pour les effets sur la santé, en raisonnant par analogie avec le bruit des transports, sur la base des résultats du sondage IFOP « Les Français et les nuisances sonores » publié en septembre 2014 indiquant que la part des personnes se déclarant gênées par bruit du voisinage est similaire à celle se déclarant gênée par le bruit des transports. A cela se rajoute une décote instantanée comprise entre 3 et 6 milliards d'euros sur la valeur du patrimoine immobilier. En supposant la durée de vie d'un bâtiment à 50 ans, ce coût représenterait annuellement 120 millions d'euros en fourchette haute. Celui-ci, jugé négligeable, n'est pas inclus dans le chiffrage global du coût social du bruit du présent rapport.

Pour estimer plus précisément le coût de la gêne liée au bruit de voisinage, on pourrait avoir recours à la méthode des préférences déclarées : une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population française permettrait d'évaluer la valeur accordée par les ménages au calme, ou le prix qu'ils sont prêts à payer pour diminuer le niveau du bruit de voisinage. Les principales limites de cette méthode résident dans le caractère déclaratif et subjectif, qui repose notamment de manière importante sur la formulation de la question.

La mesure des effets du bruit de voisinage sur le sommeil pourrait également procéder par sondage auprès des populations : cela permettrait d'estimer, à partir d'un échantillon représentatif de la population (personnes plus ou moins affectées par des troubles du sommeil liés aux bruits de voisinage), la part des ménages subissant des troubles du sommeil, et le montant qu'ils seraient prêts à payer pour une diminution du bruit de voisinage.

Par ailleurs, les méthodes de paramétrage de fonctions dose-effet, employées pour la mesure du coût social du bruit des transports, pourraient être répliquées pour le cas du bruit du voisinage. Il s'agirait, pour des effets tels que la gêne, les troubles du sommeil, ou les impacts sanitaires (traduits en nombre d'année de vie en bonne santé perdues), d'estimer la part de la « dose » imputable au bruit du voisinage.

Pour évaluer de manière plus précise le coût total de perte de la valeur immobilière liée au bruit de voisinage, il s'agirait de produire une cartographie des biens concernés par niveau de nuisance sonore, et estimer une décote immobilière en fonction du niveau de bruit. Ces deux éléments pourraient être complexes à collecter et nécessiteraient des moyens importants, impliquant une collaboration étroite entre les agents immobiliers, les acteurs de la mairie, de la police et de la gendarmerie. Il peut cependant être réalisé à l'échelle d'une ville, afin d'estimer le coût sur ce périmètre restreint dans un premier temps.

## 8 ANNEXE : DETAILS DE LA REVUE BIBLIOGRAPHIQUE PORTANT SUR LE COUT SOCIAL DU BRUIT DES TRANSPORTS

La présente section rassemble les données de coûts individuels induits par le bruit des transports classées par type d'impact issues de l'analyse bibliographiques des principales études publiées sur le sujet, ainsi que les résultats du calcul du coût social du bruit détaillés par couples types d'impact – origine du bruit.

### Gêne

La gêne liée au bruit des transports est principalement évaluée par l'indice Noise Sensitivity Depreciation Index (NSDI), qui calcule le pourcentage de dégradation des prix immobiliers pour chaque décibel supplémentaire observé. Il s'agit d'une méthode des prix hédoniques : les prix immobiliers révèlent la volonté de payer pour un environnement moins bruyant. Ces études montrent que les personnes sont en général plus sensibles au bruit du trafic aérien (0,7 à 0,9) qu'au bruit du trafic routier (0,2 à 1,2, en dehors de l'étude réalisée par Andersson et al.), ou qu'à celui du trafic ferroviaire (0,08 à 1,03), résultat en ligne avec la littérature disponible.

Le coût social du bruit lié à la gêne est répertorié par étude dans le tableau suivant :

Tableau 4: Valeurs du Noise Sensitivity Depreciation Index issues des études traitant de la méthode des prix hédoniques (pourcentage de dépréciation par dB supplémentaire)

Type de transport	Etude	Noise Sensitivity Depreciation Index (NSDI)
<b>Tous types de transports</b>	CE Delft et al. (2008)	<b>0.61 – 1.64</b>
<b>Trafic aérien</b>		
Trafic aérien	Nelson (2008)	0.7 – 0.9
<b>Trafic routier</b>		
Trafic routier	Andersson et al. (2010)	1.15 – 2.19
Trafic routier	SAEFL (2003)	0.6 – 1.2
Trafic routier	Nelson (2008)	0.4 – 0.6
Trafic routier	Nellthorp et al (2007)	0.20 – 1.07
<b>Trafic ferroviaire</b>		
Trafic ferroviaire	Andersson et al. (2010)	0.08 – 1.03

L'approche des préférences déclarées permet de conclure à des coûts par individu liés à la gêne induite par le bruit des transports, dont les principales valeurs sont présentées ci-dessous:

Tableau 5 : Coûts unitaires de la gêne liée au bruit des transports par personne par dB par an (€2014, valeurs pour la France)<sup>1</sup>

Etude	Unit	45 - 49 dB	50 - 54 dB	55 - 59 dB	60 - 64 dB	65 - 69 dB	70 - 74 dB	75 - 79 dB	> 80 dB
<b>Trafic routier</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	13	17	24	35	50	69	91	95
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.	29	81	139	196	254	312	353
<b>Trafic ferroviaire</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	5	8	15	26	41	60	74	75
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.	0	23	81	139	197	254	295
<b>Trafic aérien</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	23	38	51	63	75	86	94	94
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.	45	125	215	304	394	483	546

\* n.d. : donnée non disponible

<sup>1</sup> Les valeurs ont été ajustées par personne à partir de résultats disponibles par foyer, en utilisant la valeur moyenne de 2,4 personnes par ménage (IGCB, 2010).

Comme le montrent les résultats présentés dans le tableau 8 ci-dessus, les coûts par individu, correspondant à des mesures réalisées en extérieur, sont significativement plus élevés pour l'aérien que pour les autres modes de transport, conformément à la littérature.

A noter la relative convergence des données de l'étude du CE Delft ci-dessus avec celle utilisées pour le calcul (cf § 6.1 *Bruits des transports, Coûts par individus pour la gêne.*) Les premières ont été déduites des résultats publiés dans l'étude réalisée en 2006 par HEATCO<sup>2</sup>. Cette analyse se fonde sur une revue bibliographique des travaux existants analysant le marché immobilier pour déterminer dans quelle mesure les changements de prix observés sur les biens immobiliers reflètent la volonté des individus de payer plus pour un environnement sonore plus calme. L'approche du collectif HEATCO (« *bottom-up* », du bas vers le haut), bien que différente de celle adoptée par l'OMS (« *top-down* », du haut vers le bas), donne des résultats concordants.

### Impacts sur la santé

Le coût des effets sur la santé dus au bruit des transports peut être estimé à partir du coût des maladies induites (troubles du sommeil, infarctus, hypertension, arrêts cardiaques, démence) et des années de vie dégradées ou perdues résultantes, selon l'approche des coûts évités. Il est possible d'évaluer ce coût par le paramétrage d'une fonction dose-effet. Cette dernière mesure la relation entre l'exposition à la radiation (la dose, ici le bruit) et ses effets généraux (l'effet, ici les impacts sur la santé) chez une personne. Cette relation peut être variable d'une personne à l'autre en fonction de ces préférences.

La littérature fournit les estimations suivantes, par mode de transport :

Tableau 6 : Coût marginal sur la santé du bruit des transports par personne par an, par tranche de 5 dB (€ 2014, valeurs pour la France)

Etude	Unit	45 - 49 dB	50 - 54 dB	55 - 59 dB	60 - 64 dB	65 - 69 dB	70 - 74 dB	75 - 79 dB	> 80 dB
<b>Trafic routier</b>									
<b>Maladies</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	1	9	9	17	27	38	50	58
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.*	0	0	0	0	60	110	136
<b>Troubles du sommeil</b>									
DEFRA (2014)	Lnight	65	206	438	630	905	1 187	1 469	1 638
<b>Trafic ferroviaire</b>									
<b>Maladies</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	0	8	10	18	27	38	51	58
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.	0	0	0	0	60	110	137
<b>Troubles du sommeil</b>									
DEFRA (2014)	Lnight	30	99	212	306	442	582	722	806
<b>Trafic aérien</b>									
<b>Maladies</b>									
DEFRA (2014)	La10, 18h	0	15	18	28	36	47	59	67
CE Delft et al. (2008)	Lden	n.d.	0	0	0	0	60	111	138
<b>Troubles du sommeil</b>									
DEFRA (2014)	Lnight	82	252	517	732	1 034	1 344	1 654	1 840

\* n.d. : donnée non disponible

<sup>2</sup> Bickel, P., Friedrich R., Burgess A., Fagiani P., Hunt A., Jong G.D., Laird J., Lieb C., Lindberg G., Mackie P., Navrud S., Odgaard T., Ricci A., Shires J., Tavassy L., HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) (2006), *Proposal for Harmonised Guidelines. Deliverable 5*

Le détail des coûts calculés par couple *types d'impact – origine du bruit* est présenté ci-dessous :

			Coût en millions d'euros							
Type de transport/type impact	Population touchée	Unité de mesure du bruit	Total > 45 dB	< 45 dB	45 - 49 dB	50 - 54 dB	55 - 59 dB	60 - 64 dB	65 - 69 dB	> 70 dB
<b>Troubles du sommeil</b>										
Transport routier										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lnight	4 625	0	789	1 175	1 273	1 028	325	36
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lnight	887	0	180	269	228	154	43	14
<b>Total Transport routier</b>			5 512	0	969	1 443	1 501	1 182	368	50
Transport ferroviaire										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lnight	491	0	90	131	111	76	49	35
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lnight	181	0	36	53	43	27	17	5
<b>Total Transport ferroviaire</b>			672	0	126	184	154	102	67	40
Transport aérien										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lnight	100	0	63	35	3	0	0	0
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lnight	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Total Transport aérien</b>			100	0	63	35	3	0	0	0
<b>Total troubles du sommeil</b>			6 285							
			Total > 42 dB	<42 dB	42 - 55 dB	55 - 59 dB	60 - 64 dB	65 - 69 dB	70 - 74 dB	> 75 dB
<b>Gêne</b>										
Transport routier										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden	3 542	0	794	484	709	789	652	115
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden	522	0	47	137	110	123	87	19
<b>Total Transport routier</b>			4 064	0	840	621	819	912	739	134
Transport ferroviaire										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden	228	0	12	46	51	50	40	29
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden	73	0	4	17	18	16	12	4
<b>Total Transport ferroviaire</b>			301	0	16	63	69	66	52	34
Transport aérien										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden	190	0	111	52	23	4	0	0
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Total Transport aérien</b>			190,0	0	111	52	23	4	0	0
<b>Total Gêne</b>			4 555							
<b>Maladies cardiovasculaires</b>										
Transport routier										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden								
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden				715				
<b>Total Transport routier</b>						715				
Transport ferroviaire										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden								
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden				n.d.				
<b>Total Transport ferroviaire</b>						n.d.				
Transport aérien										
	Personnes exposées <b>en agglomération</b>	Lden								
	Personnes exposées <b>hors agglomération</b>	Lden				n.d.				
<b>Total Transport aérien</b>						n.d.				
<b>Total maladies cardiovasculaires</b>						715				
<b>Total gêne, maladies cardiovasculaires, troubles du sommeil</b>			11 555							
Perte de valeur immobilière (estimation)			7 080							
Perte de productivité (estimation)			1 700							
Troubles de l'apprentissage (estimation)			300							
<b>Coût social total du bruit des transports</b>			20 635							



## 9 BIBLIOGRAPHIE

- Andersson, H., Jonsson, L., Ogren, M.(2010) Property prices and exposure to multiple noise sources: hedonic regression with road and railway noise
- Andersson, H., Jonsson, L., Ogren, M.(2013), Benefit measures for noise abatement: calculations for road and rail traffic noise, *Eur. Transp. Res. Rev.* 5(3), 135–148 (2013)
- André Cros (1984), *La Lutte contre le Bruit au Travail en France*
- Assises nationales de la qualité et de l'environnement sonore (2005), *Les actes des 4es assises nationales de la qualité et de l'environnement sonore*
- Banbury, Berry, *The disruption office-related tasks by speech and office noise* (1998), *British journal of psychology*, 1998, 89, 499-517
- Banpury SP, Berry DC (2005), *Office noise and employee concentration: identifying causes of disruption and potential improvements*, *Ergonomics*, 2005 Jan; 48 (1):25-37
- Berry, B., Sanchez, D.(2014), *The economic and social value of aircraft noise effects: A critical review of the state of the art*, 11th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Nara, Japan
- Bickel, P., Friedrich R., Burgess A., Fagiani P., Hunt A., Jong G.D., Laird J., Lieb C., Lindberg G., Mackie P., Navrud S., Odgaard T., Ricci A., Shires J., Tavassy L., HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) (2006), *Proposal for Harmonised Guidelines. Deliverable 5*
- BMJ 2013; 347:f5432 *Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London : small area study*
- BMJ 2013; 347:f5561, *Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases : multi-airport retrospective study*
- Bridget Shield (2006), *Evaluation of the social and economic costs of hearing impairment*
- Bristow, A.L., Wardman, M., Chintakayala, V.P.K (2015), *International meta-analysis of stated preference studies of transportation noise nuisance*, *Transportation* 42 (1); 71-100.
- BruitParif, ORS Ile de France (2015), *Impact sanitaire du bruit des transports dans l'agglomération parisienne : quantification des années de vie en bonne santé*
- CE Delft et al.(2008), *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*
- Charre S., Faburel G. (2007), *Effet des nuisances aériennes sur la scolarité et la santé des enfants*
- CIDB (2006), *Exposition au bruit en milieu de travail : la directive transposée*, [www.bruit.fr](http://www.bruit.fr)
- CNAMTS (2010), *Segmentation des assurés du Régime général*, *Journées CNAMTS*
- CPAM, *Rapport de Gestion 2014, Tableau 19, page 34, « 42. Affections provoquées par les bruits »*
- DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs) UK (2014), *Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet.*
- Dominique Chamonard (1977), *Coût économique et social du bruit en milieu industriel*, *Groupe de recherche e.b.m*
- Dr Philippe Ritter (2005), *Les actes des 4e assises nationales de la qualité et de l'environnement sonore*, p.96
- European Commission DG Environment (2012), *Assessment of the Health and Environmental Benefits of REACH*

Faburel G. Maleyre I., Peixoto F., (2004), Dépréciation immobilière et ségrégation sociale pour cause de bruit des avions - Mesures économétriques et analyse territoriale dans 8 communes proches de l'aéroport d'Orly, IUP Université Paris XII Créteil

Faburel G., Chatelain F., Gobert J., Lévy L., Manola T., Mikiki F., Zegagh D., (2006), Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens – Tome 1 : Etat des savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d'environnement

Franck, M, J. Eyckmans, S. De Jaeger and S. Rousseau (2015), Comparing the impact of road traffic noise in two separated markets, *Journal of Environmental Economics and Policy* (1); 15-44.

Georges F., Heroux M-E., Fong K., OMS (2013), Public health and economic burden of environmental noise, *Internoise 2013*, Innsbruck, Austria

Gilles Souet, ARS Centre (2015), *Recensement des études sur l'influence du bruit sur la santé des patients en milieu hospitalier*

Guillaume Faburel (2008), Coût des nuisances sonores liées aux transports

IFOP (2014), Sondage « Les Français et les nuisances sonores »

IGCB (2010), Noise & Health – Valuing the Human Health Impacts of Environmental Noise Exposure

INRS (2009), Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit

INRS, Site internet, <http://www.inrs.fr/risques/bruit/effets-sante.html>

Lambert J, Poisson F, Champelovier P. (2001), Valuing benefits of a road traffic noise abatement programme: a contingent valuation survey.

Malakoff Médéric (2014), *Santé et bien-être en entreprise – Chiffres clés 2013*

M. Pierrette, E. Parizet, P. Chevret, J. Chatillon, Noise effect on comfort in open-space offices: development of an assessment questionnaire, *Ergonomics*, 2015, 58, 1, 96

Ministère des Affaires Sociales et de la Santé (2013), Rapport de synthèse des études faisant état du coût social du bruit

Navrud, S (2002), The State of the Art on Economic Valuation of Noise.

Navrud, S (2004), "What is silence worth? Economic valuation of road traffic noise"

Navrud, S (2010), Economic Valuation of Transportation Noise in Europe., *Rivista italiana di acustica* 34 (3); 15-25

Nellthorp J., Bristow A.L. and Day B. (2007), Introducing willingness-to-pay for noise changes into transport appraisal - an application of benefit transfer, *Transport Reviews* 27(3) pp327-353.

P.A. Morgan, L. Morris, M. Muirhead (2011), Estimating the productivity impacts of noise, Transport Research Laboratory report prepared for Defra, Air and Local Environment – Natural Environment Economics

Ricardo-AEA et al.(2014), Update of the Handbook on External Cost of Transport

SAEFL (2003), Monetisation of the health impact due to traffic noise

Schreiber et Vicard, La tertiarisation de l'économie française et le ralentissement de la productivité entre 1978 et 2008, *L'Economie Française*, édition 2011

Sophie Pujol (2012), Résumé de thèse sur « le bruit environnemental en milieu urbain : exposition d'une population d'enfants et performances scolaires », repéré sur : [http://chrono-env-test.univ-fcomte.fr/IMG/pdf/invitation\\_soutenance\\_these\\_Sophie\\_Pujol.pdf](http://chrono-env-test.univ-fcomte.fr/IMG/pdf/invitation_soutenance_these_Sophie_Pujol.pdf)

Sundstrom et al.(1994), M., Office Noise, Satisfaction, and Performance, *Environment and Behavior* March 1994 vol. 26 no. 2 195-222

Thierry Schneider (1986), Approche économique du bruit au travail

Wardman, M., Bristow, A.(2008), Valuations of aircraft noise: experiments in stated preference, *Environmental and Resource Economics*, 39 (4), p. 459-480

WHO (2011), *Burden of disease from environmental noise – Quantification of healthy life years lost in Europe*

WHO Europe (2009), *Night Noise Guidelines for Europe*