Le bruit et ses effets sur la santé :
estimation de l'exposition des Franciliens et de ses impacts sanitaires

Auteur : MIETLICKI Fanny, Directrice de Bruitparif, Observatoire du bruit en Ile-de-France
90-92 avenue du Général Leclerc, 93500 Pantin, Tél : 01 85 65 40 40,
courriel : fanny.mietlicki@bruitparif.fr

I. Contexte et objectif

Le bruit est une source de gêne très importante en Ile-de-France du fait de la forte concentration de l'habitat et de la densité exceptionnelle des infrastructures de transports. Parmi les atteintes à la qualité de vie, le bruit constitue la première nuisance citée.

L'Ile-de-France est la région la plus peuplée de France avec 12 millions d'habitants pour une superficie de 12.000 km²), principalement concentrés dans l'agglomération parisienne.
L'exposition au bruit est en grande partie induite par les infrastructures de transport qui présentent un développement et une concentration exceptionnels :

- premier réseau routier de France avec plus de 40 000 km de routes (dont plus de 1000 km d'autoroutes et de voies rapides),
- un carrefour ferroviaire très important avec près de 2000 km de voies ferrées,
- un système aéroportuaire unique en Europe avec deux aéroports internationaux (Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle) et vingt-cinq autres aérodromes - civils, militaires ou privés - dont l'aéroport du Bourget et l'héliport d'Issy-les-Moulineaux.

Selon une étude publiée en mars 2009 par l'Observatoire Régional de Santé (ORS) d'Ile-de-France [1], 71% des Franciliens se déclaraient gênés par le bruit à leur domicile à des degrés divers, et un Francilien sur quatre se déclarait gêné souvent ou en permanence. La gêne liée au bruit allait croissante avec le degré d'urbanisation : on avait ainsi près de 39 % de personnes fortement gênées à Paris intra-muros, 25 % dans les départements de petite couronne contre 22 % en grande couronne, 17 % en zone urbaine en province et 10 % en zone rurale.

Les transports et notamment la circulation routière représentent la principale source de gêne citée par les personnes qui se plaignent du bruit (les transports sont cités par 54 % des personnes qui se disent gênées), la deuxième source de gêne concerne les bruits de comportements pour 21 % (notamment les incivilités liées à la conduite de véhicules deux roues motorisés débridés ou particulièrement bruyants, les bruits de conversation et les cris dans le voisinage, les animaux domestiques, les activités de bricolage ou jardinage, le volume des appareils TV Hifi dans les logements voisins, les bruits de pas ou de chocs à l'étage…). Viennent ensuite les activités industrielles et commerciales (travaux et chantiers, dépôt et ramassage des ordures, activités industrielles ou artisanales, activités de bars, restaurants, salles de spectacles et discothèques) ainsi que le fonctionnement de certains équipements individuels ou collectifs de bâtiments…

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

Malgré cela, le bruit est avant tout perçu par les Franciliens comme un problème local de qualité de vie avant d'être un objet de préoccupations sanitaires. Même si deux tiers des Franciliens perçoivent le risque sanitaire lié au bruit comme plutôt élevé, les préoccupations sanitaires déclarées pour d'autres nuisances, comme l'amiante ou la pollution de l'air, sont nettement plus importantes. Pourtant les effets du bruit ambiant sur la santé sont nombreux.

II. Les effets du bruit ambiant sur la santé

Les effets sanitaires du bruit regroupent les effets sur l'audition (fatigue auditive, perte d'audition temporaire ou définitive, acouphènes, hyperacousie) et les effets dits extra-auditifs : gêne, perturbations du sommeil et conséquences associées (fatigue, risques accrus d'avoir des accidents du travail ou de la circulation suite à une attention diminuée ou des somnolences), troubles de l'apprentissage scolaire, effets délétères sur le système cardio-vasculaire (augmentation de la pression artérielle, troubles cardiaques, risque accru d'accident vasculaire cérébral ou d'infarctus), augmentation des hormones liées au stress comme le cortisol, modifications induites au niveau métabolique (cholesterol, acides gras…)

voire immunitaire, effets sur le comportement : surconsommation médicamenteuse (tranquillisants, somnifères…), cas avéré d'hospitalisations pour troubles psychiques.

Les effets sur l'audition sont généralement le fait d'expositions, en milieu professionnel ou lors des loisirs, à des niveaux de bruit qui dépassent 85 dB(A), considéré comme le seuil de risque pour l'audition.

Les effets extra-auditifs quant à eux peuvent se manifester pour des expositions chroniques ou répétées à des niveaux beaucoup plus faibles, comme c'est généralement le cas avec le bruit dans l'environnement. On estime ainsi que le bruit peut générer des troubles du sommeil chez certaines personnes dès 40 dB(A) la nuit et 55 dB(A) le jour. Les effets du bruit sur la santé d'un individu va dépendre de plusieurs facteurs : les niveaux sonores auxquels il est exposé, les fréquences, le caractère continu ou intempestif du bruit, la durée d'exposition, sa sensibilité individuelle…

Malgré une connaissance qui ne cesse de progresser, la prise en compte du bruit environnemental et des effets extra-auditifs du bruit est assez récente et encore vraisemblablement sous-estimée par les pouvoirs publics et par la population par rapport à d'autres facteurs environnementaux comme la qualité de l'air.

Afin de guider l'action publique en matière de réduction des niveaux de bruit ambiant, des méthodes d'évaluation quantitative du risque sanitaire ont été développées permettant d'évaluer l'impact sanitaire attribuable à cette exposition. Le principe de cette méthode, basé notamment sur la connaissance de la relation dose-effet entre une source de bruit et un effet sanitaire, ainsi que la distribution de l'exposition au bruit de la population, permet de déterminer le nombre de cas attribuables (pour chaque effet considéré) à l'exposition au bruit dans cette population.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans une étude internationale coordonnée par le bureau Europe de l'OMS avec le concours du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne publiée en 2011 [2], a ainsi évalué, à l'échelle européenne, pour chacun des impacts sanitaires reconnus du bruit (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). Cette étude s'appuie sur les données d'exposition au bruit de la population produites en application de la directive européenne 2002/49/CE à l'échelle des agglomérations ou des Etats membres, telles qu'elles étaient disponibles début 2011 sur le site de l'AEE (Agence Européenne de l'Environnement).

Ainsi, il a été estimé qu'au moins un million d'années de vie en bonne santé seraient perdues chaque année en Europe occidentale sous l'effet du bruit causé par les infrastructures de transport, soit :

- 61 000 ans en raison des maladies cardiovasculaires,
- 45 000 ans en raison des troubles de l'apprentissage,
- 903 000 ans en raison des perturbations du sommeil,
- 22 000 ans en raison des acouphènes,
- 587 000 ans en raison de la gêne.

Ce travail souligne l'importance de ce problème de santé publique et a vocation à servir de base à la révision des valeurs guides de l'OMS sur le bruit, demandée par les États membres lors de la cinquième Conférence ministérielle sur l'environnement et la santé tenue à Parme (Italie) en 2010.

III. Présentation de la méthode de l'OMS

L'OMS s'appuie sur le corpus d'études épidémiologiques qui ont été menées par diverses équipes de recherche pour évaluer les risques sanitaires du bruit environnemental et proposer une méthode [2] [3] permettant de quantifier l'impact sanitaire des différentes sources de bruit de l'environnement au travers de l'estimation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues. Cette estimation est calculée pour chaque effet sanitaire du bruit en utilisant les informations et données suivantes :

- le nombre d'événements sanitaires répertoriés dans la population (incidences et prévalences) pour chaque effet sanitaire considéré ;
- la distribution de l'exposition aux différentes sources de bruit dans l'environnement au sein de la population considérée ;
- 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.

III.1. Indicateurs sanitaires retenus

Après avoir examiné les différentes études disponibles mettant en évidence des relations entre le bruit et la santé, l'OMS a retenu les effets sanitaires suivants :

- maladies cardiovasculaires,
- troubles du sommeil,

- gêne,
- troubles de l'apprentissage,
- acouphènes.

Les sources de bruit prises en considération dans la méthode d'estimation des « DALYs » liés au bruit environnemental dépendent de l'effet sanitaire à caractériser et de la disponibilité des données d'exposition. Ainsi, selon l'effet, les sources de bruit suivantes ont été prises en compte : bruit routier, bruit ferroviaire et bruit aérien.

III.2. Indicateurs d'exposition au bruit

Les données sur l'exposition des populations au bruit utilisées dans l'étude de l'OMS proviennent des résultats issus des cartographies du bruit de 1ère échéance exigées par la directive européenne 2002/49/CE et transmises par chaque Etat membre. Ces cartographies ont été élaborées pour les indicateurs réglementaires Lden et Lnight définis par la directive.

III.3. Relations dose-réponse

Les relations dose-effet sont dérivées des résultats des études épidémiologiques. La validité de ces relations doit être évaluée en considérant les critères suivants :

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

Selon ces critères, l'OMS [2] [3] a sélectionné une relation dose-effet, lorsque disponible, pour chaque effet sanitaire retenu en lien avec les différentes sources de bruit telle que présentée ci-après. Pour la gêne et les troubles de sommeil, cette relation permet d'estimer directement le pourcentage de personnes affectées en fonction du niveau d'exposition alors que pour les infarctus du myocarde, la relation fournit un risque relatif. Pour les acouphènes, il n'existe pas de relation exposition / risque, toutefois une estimation de la part attribuable globalement au bruit environnemental est proposée.

III.4. Coefficient d'incapacité

La notion d'incapacité traduit une dégradation de l'état de santé plus ou moins importante, quantifiée par le coefficient d'incapacité ou disability weight (DW). En effet, le coefficient DW, associé à chaque impact sanitaire, peut varier sur une échelle allant de 0 (état de santé non dégradé) à 1 (décès). Il est issu généralement d'avis d'experts recueillis par l'OMS. Plusieurs valeurs de coefficient peuvent être parfois proposées tel que cela est présenté dans le tableau 1 (en gras figure la valeur retenue dans le calcul OMS) :

Coefficients d'incapacité	DW_{inf}	DW	DW_{sup}
Gêne	0,01	**0,02**	0,12
Troubles du sommeil	0,04	**0,07**	0,10
Infarctus du myocarde		**0,405**	
Cardiopathie ischémique et l'hypertension		**0,350**	
Acouphène léger		**0,01**	
Acouphène modéré à sévère		**0,11**	

Tableau 1 : Coefficients d'incapacité

Dans le cas de la gêne, alors que le nombre d'études dédiées à la détermination du facteur d'incapacité (DW) est relativement limité, l'OMS propose de retenir la valeur DW = 0,02 avec une plage d'incertitude élevée variant entre 0,01 à 0,12. La valeur de 0,02 conduit à une approche « conservative », à savoir guidée par la volonté de plutôt sous-estimer la morbidité.

Sur la base d'une étude exhaustive par le groupe d'experts de l'OMS de plusieurs travaux de recherche, le coefficient d'incapacité DW associé aux troubles du sommeil a été fixé à 0,07 dans le calcul des DALYs. La valeur retenue tient compte des distributions statistiques de DW observées dans les différents travaux de recherche étudiés, dont les variations se traduisent par un intervalle d'incertitude compris entre 0,04 et 0,10.

Différentes valeurs de DW sont utilisées dans les rapports de l'OMS d'évaluation des risques d'infarctus du myocarde. La valeur de DW retenue par l'OMS est de 0,405 pour l'infarctus aigu du myocarde. Dans la littérature, des valeurs autour de 0,350 sont proposées pour la cardiopathie ischémique et pour l'hypertension.

Concernant la détermination du coefficient d'incapacité DW associé à l'acouphène, le groupe d'experts mis en œuvre par l'OMS a étudié plusieurs approches. L'approche retenue est fondée sur le concept de « capacité à affecter le fait de mener une vie normale ». Deux valeurs de DW ont été proposées pour différents niveaux de gravité de la maladie. Suivant le stade de la maladie, le coefficient d'incapacité DW associé à chaque stade d'acouphène varie de 0,01 (stade léger) à 0,11 (stades modéré et sévère). Ces chiffres traduisent une sensibilité accrue aux effets du bruit environnemental pour les personnes les plus gravement atteintes.

III.5. Calcul de la morbidité liée au bruit

Le fardeau global de la maladie liée au bruit peut être exprimé au travers de l'indicateur synthétique « DALYs » (Disability Adjusted Life Years), en d'autres termes les années de vie ajustées sur l'incapacité. Les DALYs représentent, pour une année civile donnée, le nombre d'années de vie en bonne santé perdues par une population sur un territoire donné. Ils constituent la somme des années de vie perdues par mortalité prématurée (Years of Life Lost ou *YLL*) et des années de vie en bonne santé perdues en raison d'une incapacité ou de la maladie (Years Lost due to Disability ou *YLD*).

$$DALY = YLL + YLD$$

La méthode décrite par l'OMS [2] [3] propose d'estimer cet indicateur pour chaque effet sanitaire de l'exposition au bruit retenu. La mortalité prématurée ne concerne que les infarctus, ainsi le nombre d'années de vie perdues par mortalité prématurée n'est calculé que pour cet effet sanitaire, les autres effets ne sont exprimés qu'en termes d'années de vie en bonne santé perdues.

Calcul des années de vie en bonne santé perdues (YLD)

Ce calcul est réalisé selon l'équation suivante :

$$YLD = I * DW * D$$

où *I* est le nombre de cas attribuables au bruit au sein de la population (pour chaque effet sanitaire considéré), *DW* le coefficient d'incapacité et *D* une durée moyenne d'incapacité exprimée en années. Pour les calculs, la durée est considérée égale à 1 car l'évaluation porte sur une année civile. Le nombre de cas attribuables (*I*) est obtenu en rapportant la fraction attribuable à la taille de la population.

Calcul des années de vie perdues par mortalité prématurée (YLL)

L'indicateur *YLL* est calculé à partir de l'équation ci-après.

$$YLL = \left(\sum_{décès} L \right) * PAF$$

où *L* est l'espérance de vie au moment du décès, et *PAF* (Population Attributable Fraction), la fraction des décès survenus à la suite d'un infarctus du myocarde attribuable au bruit. La *PAF* est calculée à partir du pourcentage de population exposée et de la relation dose-réponse selon l'équation suivante :

$$PAF = \frac{(\sum_i P_i RR_i) - 1}{\sum_i P_i RR_i}$$

où *i* est l'ensemble des classes d'exposition au bruit, *Pi* le pourcentage de population dans la classe *i*, et *RRi* le risque relatif associé à la classe *i*.

IV. Quantification des années de vie en bonne santé perdues du fait du bruit des transports au sein de l'agglomération parisienne

La méthode préconisée par l'OMS [2] [3] a été appliquée à l'agglomération parisienne pour calculer la charge de morbidité liée au bruit environnemental des transports en utilisant les données disponibles à la commune (tant pour l'exposition au bruit que pour les indicateurs sanitaires). Ce travail a été mené conjointement par l'Observatoire Régional de Santé Île-de-France (ORS Île-de-France) et Bruitparif (Observatoire du bruit en Île-de-France) [4]. Les résultats obtenus ont ensuite été agrégés à l'échelle de l'agglomération parisienne.

IV.1. Données d'exposition au bruit utilisées

A l'échelle de la région Île-de-France, l'étude s'est limitée au territoire de l'agglomération parisienne. En effet, il n'existe que des données partielles pour l'instant sur l'exposition des populations au bruit en dehors de ce territoire, où seules sont disponibles des données au voisinage des grandes infrastructures de transport (voies routières de plus de 6 millions de véhicules par an, voies ferrées de plus de 60 000 trains par an).

Au sein de l'agglomération parisienne, Bruitparif a exploité les statistiques d'exposition au bruit publiées par les communes ou intercommunalités en charge de la mise en œuvre de la directive 2002/49/CE à l'échelle de l'agglomération parisienne. Depuis 2014, ces données issues des cartes stratégiques de 1ère échéance (cf. figures 1 à 12) sont disponibles pour l'intégralité de la population de l'agglomération parisienne. Ces cartes permettent d'illustrer les enjeux en termes d'exposition au bruit de la population puisqu'on estime par exemple qu'au sein de l'agglomération européenne, près de 22 % de la population (soit environ 2,2 millions de personnes) serait exposée potentiellement à des niveaux de bruit généré par les transports (dont le bruit routier qui serait responsable de plus de 84% des cas d'exposition excessive) en façade de leur habitation jugés excessifs au regard des valeurs réglementaires.

Il est à noter que les données disponibles en termes d'exposition ne permettent pas de calculer la charge de morbidité liée au bruit en relation avec les troubles de l'apprentissage dans l'agglomération parisienne. Il faudrait en effet connaître la distribution de l'exposition au bruit de la population âgée entre 9 et 17 ans, ce qui n'est pas une donnée connue à l'heure actuelle.

IV.2. Quantification des années de vie en bonne santé gâchées du fait de la gêne

La gêne est l'effet lié au bruit le plus communément admis. La gêne est généralement évaluée à l'aide de questionnaires directement adressés à la population. Des questionnaires standardisés ont été développés afin de rendre compte de divers degrés de gêne. Ainsi des relations dose-effet entre l'exposition à une source de bruit et la gêne ont pu être dérivées. Celles retenues dans l'étude de l'OMS sont issues d'une publication de la Commission européenne [5] qui détermine le pourcentage de la population fortement gênée par le bruit en fonction du niveau sonore auquel elle est exposée. Le pourcentage de personnes fortement gênées (%HA Highly Annoyed) est estimé pour chaque source de bruit considérée selon les équations suivantes :

Bruit routier :

$$\%HA = 9{,}868 * 10^{-4}(L_{den} - 42)^3 - 1{,}436 * 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0{,}5118(L_{den} - 42)$$

Bruit ferroviaire :

$$\%HA = 7{,}239 * 10^{-4}(L_{den} - 42)^3 - 7{,}851 * 10^{-3}(L_{den} - 42)^2 + 0{,}1695(L_{den} - 42)$$

Bruit aérien :

$$\%HA = -9{,}199 * 10^{-5}(L_{den} - 42)^3 + 3{,}932 * 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0{,}2939(L_{den} - 42)$$

La figure 13 propose une représentation graphique de ces équations.

Pour chaque commune de l'agglomération parisienne, ces équations ont été utilisées pour calculer le nombre de personnes hautement gênées par le bruit en fonction de la distribution des niveaux d'exposition au bruit, évalués à travers l'indicateur Lden, au sein de la population.

La synthèse des résultats obtenus à l'échelle de l'agglomération parisienne est présentée dans le tableau 2 ci-dessous.

Source de bruit	% de personnes très gênées	Nombre de personnes très gênées	**DALYs perdus**		
			DW=0,01	**DW=0,02**	DW=0,12
Route	11.5%	1 168 322	11 683	**23 366**	140 199
Fer	1.1%	106 519	1 065	**2 130**	12 782
Aérien	2.2%	225 157	2 252	**4 503**	27 019
Total	**14.8%**	**1 499 998**	15 000	**29 999**	180 000

Tableau 2 : Estimation des DALYs perdus à cause de la gêne liée à l'exposition au bruit environnemental dans l'agglomération parisienne.

Ce calcul suggère qu'il y a de l'ordre de **30 000 années de vie perdues en bonne santé à cause de la gêne due au bruit environnemental au sein de l'agglomération parisienne**. En prenant 0,01 et 0,12 comme valeurs extrêmes pour le coefficient DW, la plage de variation pour les DALYs s'étale entre 15 000 à 180 000 années.

IV.3. Quantification des années de vie en bonne santé gâchées du fait des troubles du sommeil

Les troubles du sommeil sont une des plaintes les plus souvent mises en avant par les populations exposées. Ces troubles peuvent être approchés par des mesures physiologiques, toutefois, dans les études épidémiologiques, ils sont généralement recueillis par questionnaire. Des échelles ont également été développées afin de rendre compte des différents degrés de troubles. Des relations doses effet ont ainsi pu être développées en considérant les expositions nocturnes. Le pourcentage de la population susceptible d'avoir des troubles significatifs du sommeil liés à son exposition au bruit (%HSD Highly Sleep-Disturbed) est estimé par les équations suivantes, basées sur les travaux de Miedema & al. :

Bruit routier :
$\%HSD=20,8-1,05(Lnight)+0,01486(Lnight)^2$
Bruit ferroviaire :
$\%HSD=11,3-0,55(Lnight)+0,00759(Lnight)^2$
Bruit aérien :
$\%HSD=18,147-0,956(Lnight)+0,01482(Lnight)^2$

La figure 14 propose une représentation graphique de ces équations.

Pour chaque commune de l'agglomération parisienne, ces équations ont été utilisées pour calculer le nombre de personnes susceptibles d'avoir des troubles significatifs du sommeil du fait de leur exposition au bruit en fonction de la distribution des niveaux d'exposition nocturne au bruit, évalués à travers l'indicateur Ln, au sein de la population.

La synthèse des résultats obtenus à l'échelle de l'agglomération parisienne est présentée dans le tableau 3.

Source de bruit	% HSD	Nombre de de personnes HSD	**DALYs perdus**		
			DW=0,04	**DW=0,07**	DW=0,1
Route	5.5%	557 619	22 305	**39 033**	55 762
Fer	0.6%	65 178	2 607	**4 562**	6 518
Aérien	0.1%	8 156	326	**571**	816
Total	**6.2%**	**630 953**	25 238	**44 166**	63 096

Tableau 3 : Estimation des DALYs perdus à cause des troubles du sommeil liés à l'exposition au bruit environnemental dans l'agglomération parisienne.

Ce calcul suggère qu'il y a de l'ordre de **44 000 années de vie perdues en bonne santé à cause des troubles du sommeil liés à l'exposition au bruit environnemental au sein de l'agglomération parisienne**. En prenant 0,04 et 0,1 comme valeurs extrêmes pour le coefficient DW, la plage de variation pour les DALYs s'étale entre 25 000 à 63 000 années.

IV.4. Quantification des années de vie en bonne santé gâchées du fait des risques cardiovasculaires

Les études épidémiologiques menées au cours des dernières années ont mis en évidence une augmentation du risque d'infarctus du myocarde en lien avec l'exposition au bruit routier. Il y a pour l'instant moins d'évidence pour le bruit du trafic aérien. Très peu d'études ont été menées sur les effets cardiovasculaires des autres sources de bruit environnemental comme le bruit ferroviaire par exemple. L'OMS a dérivé une relation exposition / risque de l'incidence d'infarctus du myocarde à partir des résultats d'études épidémiologiques retenues selon les critères exposés plus haut. L'Odds Ratio (OR), qui peut être interprété comme le risque relatif, est exprimé selon l'équation suivante :

$$\mathrm{OR} = 1{,}63 - 0{,}000613 * \left(\mathrm{L_{day,16h}}\right)^2 + 0{,}00000736 * \left(\mathrm{L_{day,16h}}\right)^3$$

La figure 15 propose une représentation graphique de cette équation.

L'indicateur acoustique (Lday,16h) exploité dans cette équation, non exigé par la directive européenne, n'est pas systématiquement disponible. Aussi, l'approximation conseillée par l'OMS pour évaluer l'indicateur Lday,16h associé au bruit routier est d'utiliser l'indicateur Lden en considérant que :
L_den=L_(day,16h)+2,5 dB
Le risque relatif (RR) est alors calculé pour chaque classe d'exposition au bruit.

Classe d'exposition au bruit (Lden)	<55	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
Odds Ratio	1	1	1,013	1,061	1,151	1,287

Pour chaque commune de l'agglomération parisienne, la morbidité liée au bruit en relation avec les infarctus du myocarde a été calculée à partir du nombre de cas incidents d'infarctus et du risque relatif lié au bruit de l'incidence d'un infarctus calculé à partir de la distribution de la population dans les différentes classes de bruit en Lden.

Le nombre de cas incidents d'infarctus à la commune a été estimé à partir des données d'hospitalisations issues du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI). En effet, compte tenu des renseignements disponibles dans les bases du PMSI (notamment le code postal de résidence du patient, information sur le devenir du patient, réadmission) et du fait que les infarctus du myocarde non fatals sont quasi systématiquement suivis d'une hospitalisation, cette source de données est apparue la plus pertinente. D'après une étude réalisée par l'InVS [6], cette utilisation des données PMSI permet une bonne estimation des données d'infarctus du myocarde (IM) par comparaison avec les données de registres.

Ainsi **6120 cas d'infarctus** du myocarde non fatals ont été dénombrés dans l'agglomération parisienne en 2008.

Les données de mortalité ont été fournies par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC) de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Ainsi, pour l'année 2008, **1767 décès pour infarctus du myocarde** ont été comptabilisés dans l'agglomération parisienne.

La synthèse à l'agglomération parisienne des DALYs perdus pour les cas d'infarctus du myocarde liés à l'exposition au bruit routier est présentée dans le tableau 4.

Source de bruit	PAF (% moyen)	Nombre de IM non fatals attribuables	Nombre de décès attribuables	DALYs		
				YLD	YLD	**YLL**
				DW=0,405	DW=0,350	
Route	3%	171	53	**69**	60	**686**

Tableau 4 : Estimation des DALYs perdus dans l'agglomération parisienne à cause des infarctus du myocarde liés au bruit environnemental.

IV.5. Quantification des années de vie en bonne santé gâchées du fait des acouphènes

L'acouphène chronique est un bruit subjectif, entendu sans cesse « dans l'oreille » ou « dans la tête », sans aucun stimulus sonore extérieur. L'acouphène peut être le symptôme d'une pathologie du système auditif ou bien être la séquelle d'un accident traumatique. Il survient fréquemment après un traumatisme sonore ou barométrique. La plupart du temps, l'étiologie de l'acouphène n'est pas clairement identifiée. Toutefois, l'acouphène est très souvent présent simultanément à une perte auditive. Il peut correspondre à un bruit induit par une perte auditive ou induit directement par une exposition au bruit. Malgré des limitations dans la compréhension de la physiopathologie, il ne fait aucun doute qu'une exposition aigue et chronique au bruit peut provoquer des acouphènes invalidants. La déficience auditive n'est pas censée se produire pour des niveaux d'exposition au bruit LAeq 8h inférieurs à 75 dB(A), même pour l'exposition au bruit prolongée du travail. De même, une exposition au bruit à des niveaux LAeq 24h inférieurs à 70 dB(A) ne devrait pas causer des troubles auditifs pour la grande majorité de la population, même après une vie d'exposition. Dans certains environnements urbains, le bruit du trafic routier dépasse parfois des niveaux de 85 dB(A). Le bruit environnemental peut de ce fait avoir une incidence potentielle non négligeable sur l'apparition d'acouphènes. Du fait d'un nombre restreint d'études disponibles, il n'a pas été possible de développer une relation dose-réponse. En effet, la plupart des études examinées par l'OMS ne s'intéressent pas directement à la relation entre la prévalence des acouphènes dans la population étudiée et les causes potentielles. Les rares études qui abordent ce sujet ne traitent pas spécifiquement le bruit dans l'environnement comme un facteur causal. En outre, il n'y a pas de spécificité clinique particulière des acouphènes induits par le bruit de l'environnement par rapport à d'autres causes potentielles. A défaut de relation exposition / risque, la part relative des acouphènes liée au bruit environnemental a été estimée par un consensus d'experts à 3%. Cette valeur est jugée conservatrice, plausible et raisonnable.

Nous ne disposons pas pour l'Île-de-France des données de prévalence des acouphènes. Toutefois, les travaux de Davis [7] et Hannaford [8] ont permis d'estimer la prévalence des acouphènes dans la population européenne âgée de 15 ans et plus, selon 3 stades de la maladie.

- p1 : 3,4 % de cette population souffre d'acouphènes à un stade léger,
- p2 : 1,2 % à un stade modéré,
- p3 : 0,4 % à un stade sévère.

Si l'on applique à la population de l'agglomération parisienne ce taux européen, il est possible d'estimer la morbidité en matière d'acouphènes liée au bruit. Le tableau 5 présente les résultats de l'estimation des années de vie perdues en bonne santé pour l'agglomération parisienne à cause des acouphènes liés au bruit environnemental.

Total de la population (2006)	Population âgée de 15 ans et plus (2006)	Population étudiée atteinte d'acouphènes		DW	Poids dû au bruit environnemental	DALYs
10 142 977	8 178 398	Léger (3,4%)	278 066	0,01	0,03	83
	(≈80,6%)	Mod. (1,2%)	98 141	0,11	0,03	324
		Sév. (0,4%)	32 714	0,11	0,03	108
		Total	408 921			**515**

Tableau 5 : Estimation des DALYs perdus dans l'agglomération parisienne.

IV.6. Synthèse

Les tableaux 6 et 7 synthétisent les résultats de l'impact du bruit environnemental sur les différents effets sanitaires étudiés. Les valeurs retenues sont celles obtenues avec les coefficients *DW* utilisés par l'OMS. Au total, l'estimation issue de la méthode mise en œuvre aboutit à un chiffre de l'ordre de **75 000 années de vie en bonne santé perdues** par an dans l'agglomération parisienne. Le principal effet sanitaire de l'exposition au bruit environnemental correspond aux troubles du sommeil, qui représente à lui seul près de 60% des années perdues (DALYs). La gêne est le deuxième effet sanitaire avec 30 000 années de bonne santé perdues.

En ce qui concerne les sources de bruit environnemental, le bruit routier constitue la principale source de morbidité. En effet, en totalisant 63 000 DALYs, le bruit routier concentre à lui seul 84% des estimations de pertes d'année de vie en bonne santé en agglomération parisienne.

Effet sanitaire	YLL	YLD	DALYs
Gêne	0	29 999	29 999
Troubles du sommeil	0	44 166	44 166
Infarctus	686	69	755
Acouphènes	0	515	515
Total	686	74 749	**75 435**

Tableau 6 : Synthèse de la charge de morbidité du bruit environnemental au sein de l'agglomération parisienne pour chaque effet sanitaire.

Source de bruit	YLL	YLD	DALYs
Route	686	62 468	63 154
Ferroviaire	0	6 692	6 692
Aérien	0	5 074	5 074
Total	686	74 234	**74 920**[1]

Tableau 7 : Synthèse de la charge de morbidité du bruit environnemental au sein de l'agglomération parisienne pour chaque source de bruit environnemental.

Le tableau 8 présente les résultats en croisant les trois sources de bruit environnemental considérées avec les quatre effets sanitaires étudiés. Les troubles du sommeil associés au bruit routier représentent près de 52% des années de vie en bonne santé perdues en agglomération parisienne.

Source	Gêne	Troubles du sommeil	Infarctus	Acouphènes	Total
Route	23 366	39 033	755	515	63 669
Fer	2 130	4 562	-		6 692
Air	4 503	571	-		5 074
Total	29 999	44 166	755	515	**75 435**

Tableau 8 : Evaluation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues du fait de l'exposition au bruit au sein de l'agglomération parisienne (DALYs).

[1] *A ce bilan de 74 920 DALYs, il convient d'ajouter l'effet sanitaire associé aux acouphènes, qui représente* ***515 années de pertes d'année de vie en bonne santé*** *en agglomération parisienne, pour une population âgée de 15 ans et plus.*

VI. Incertitudes

A chaque étape de la démarche d'évaluation de l'impact sanitaire résident des incertitudes. Toutefois, les choix effectués sont systématiquement guidés par la volonté de minimiser l'impact sanitaire. Plusieurs facteurs d'incertitudes ont pu être identifiées.

VI.1. Incertitudes liées aux données

Les estimations des années de vie en bonne santé perdues du fait du bruit reposent sur l'utilisation de données d'exposition issues des premières cartographies du bruit produites en application de la directive européenne 2002/49/CE. Ces données doivent réglementairement être mises à jour tous les 5 ans. Ce sera l'occasion d'uniformiser les méthodes d'estimation et d'améliorer quantitativement et qualitativement les données d'entrée des modèles de prédiction du bruit. Ainsi, une nouvelle évaluation des DALYs pourra être produite sur la base de données d'exposition plus représentatives, au terme des travaux de mise à jour des cartes stratégiques du bruit, ainsi que des dernières avancées en termes de méthode d'évaluation proposée par l'OMS. Le tableau 9 présente l'estimation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues au sein de l'agglomération parisienne correspondant à une incertitude de ± 3 dB(A) sur les indicateurs d'exposition au bruit.

	- 3 dB(A)	**+ 3 dB(A)**
DALYs	57 7788	96 934

Tableau 9 : Evaluation du nombre d'années de vie en bonne santé perdues (DALYs) du fait de l'exposition au bruit au sein de l'agglomération parisienne correspondant à une incertitude de ± 3 dB(A) sur les indicateurs d'exposition au bruit.

Ainsi, une incertitude de ± 3 dB(A) sur les indicateurs d'exposition au bruit fait varier le nombre d'années de vie en bonne santé perdues au sein de l'agglomération parisienne de 58 000 à 97 000 années environ.

VI.2. Incertitudes liées aux relations exposition / risque

Ces relations sont exprimées avec un intervalle de confiance à l'intérieur duquel s'inscrit la « vraie » valeur (avec une probabilité de 95%). Pour les calculs, dans un souci de simplification, la valeur centrale a été retenue.

VI.3. Choix des facteurs d'incapacité

Le choix du facteur d'incapacité a une forte influence sur les résultats. C'est pourquoi devant l'importance de ce critère et la difficulté de trouver un consensus d'experts pour le choix des valeurs, compte-tenu notamment de la subjectivité de certains effets comme la gêne ou les troubles du sommeil, les calculs ont été menés pour plusieurs valeurs de ce facteur.

VI.4. La pollution atmosphérique, facteur de confusion

Les individus exposés au bruit routier sont généralement également exposés aux polluants atmosphériques. Or, s'agissant des pathologies cardiovasculaires, les études épidémiologiques démontrent également un lien de ce type d'effet avec la pollution atmosphérique. La question reste entière de savoir si les expositions concomitantes au bruit et à la pollution atmosphérique ont des effets indépendants, additifs ou bien synergiques. En effet, peu de travaux épidémiologiques se sont intéressés à cette question. Toutefois, les effets propres du bruit, s'agissant des pathologies cardiovasculaires, ont été démontrés dans le cadre professionnel impliquant une exposition exclusive au bruit.

VI.5. Limites de l'indicateur Lden pour l'estimation de l'exposition de la population au bruit aérien

Dans la méthode d'estimation des « DALYs » liés au bruit environnemental proposée par l'OMS, la relation entre l'exposition au bruit des transports et les différents facteurs de risque pour la santé repose sur l'indicateur énergétique Lden. Si l'indicateur Lden s'avère bien adapté aux sources de bruit à caractère continu tel que le bruit du trafic routier par exemple, il ne suffit pas en revanche à retranscrire à lui seul l'exposition de la population à des sources de bruit présentant un caractère événementiel tel que le trafic aérien.

Ainsi en France, le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France) et l'ACNUSA (Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires) recommandent le recours à des indicateurs complémentaires de type événementiel, notés « NA » pour *Number Above*. Ce type d'indicateurs comptabilise le nombre d'événements sonores dont le pic de bruit (noté LAmax) a atteint ou dépassé une valeur seuil pendant une période donnée. De ce fait, la prise en compte exclusive de l'indicateur Lden dans la méthode d'estimation des « DALYs » liés au bruit aérien proposée par l'OMS conduit à minimiser le territoire impacté par le bruit aérien et les nuisances ressenties par les populations riveraines.

VII. Conclusion

La méthode d'estimation des « DALYs » liés au bruit environnemental proposée par l'OMS a permis d'approcher a minima l'impact sanitaire du bruit environnemental dans l'agglomération parisienne. En effet, cette évaluation ne porte que sur quelques effets sanitaires, d'autres effets tels que les troubles de l'apprentissage, les pathologies cardiovasculaires (autres que les infarctus du myocarde), les atteintes auditives… sont susceptibles d'être engendrés par une exposition au bruit environnemental. En outre, la prise en compte exclusive de l'indicateur Lden dans la méthode d'estimation des« DALYs » conduit à minimiser les nuisances liées notamment au bruit aérien. Par ailleurs, les expositions aux bruits de voisinage, aux bruits industriels de même qu'aux bruits liés aux loisirs n'ont pas été considérées. Outre les aspects épidémiologiques, la validité des résultats présentés dans ce rapport repose en partie sur les estimations statistiques de l'exposition au bruit environnemental de la population de l'agglomération parisienne.

Les résultats d'estimation obtenus montrent l'importance du bruit en tant que problème de santé publique avec de l'ordre de **75 000 années de vie en bonne santé perdues** chaque année. Le principal effet sanitaire de l'exposition au bruit environnemental correspond aux troubles du sommeil, qui représente 44 000 années de bonne santé perdues. La gêne est le deuxième effet sanitaire 30 000 années de bonne santé perdues. Le bruit routier constitue la principale source de morbidité, en concentrant à lui seul 85 % des estimations de pertes d'année de vie en bonne santé dans l'agglomération parisienne.

Références

[1] Grange D. et al. « Les perceptions du bruit en Île-de-France », Observatoire régional de santé d'Île-de-France, rapport et synthèse, mars 2009.

[2] Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe, WHO 2011 / Charge de morbidité imputable au bruit environnemental : quantification du nombre d'années de vie en bonne santé perdues en Europe, publié le 30 mars 2011.

[3] T. Hellmuth, T. Classen, R. Kim, S. Kephalopoulos, « Methodological guidance for estimating the burden of disease frome environmental noise », WHO Regional Office for Europe (2012).

[4] Impact sanitaire du bruit dans l'agglomération parisienne : quantification des années de vie en bonne santé perdues, Bruitparif et ORS Ile-de-France, à paraître.

[5] European Commission, Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2002 (http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf).

[6] Étalonnage du PMSI MCO pour la surveillance des infarctus du myocarde, année 2003, rapport technique, Saint- Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 2010.

[7] Davis A. Hearing in adults, The prevalence and distribution of hearing impairment and reported hearing disability in the MRC Institute of Hearing Research's National Study of Hearing, Nottingham, MRC Institute of Hearing Research, 1995.

[8] Hannaford PC et al, The prevalence of ear, nose and throat problems in the community: results from a national cross-sectional survey in Scotland. Family Pratice, 2005, 22: 227-233.