

# 10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

## Elaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain

Marine Baulac<sup>1</sup>, Delphine Bourgois<sup>1</sup>, Christophe Goeury<sup>2</sup>, Solène Marry<sup>1</sup>, Jérôme Defrance<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Paris Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 24 rue Joseph Fourier, F-38400 Saint Martin d'hères, {marine.baulac,delphine.bourgois,solene.marry,jerome.defrance}@cstb.fr

<sup>2</sup>EHESP, Av du Professeur Léon Bernard, F-35043 Rennes, christophe.goeury@ehesp.fr

Le développement des infrastructures de transport a conduit à l'augmentation de l'exposition des populations à des niveaux sonores élevés. L'objectif de ce travail est, à partir des données issues de la cartographie imposée par la directive européenne 2002/49/CE, d'obtenir un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain et adapté à la résolution de l'IRIS (résolution géographique de taille raisonnable). La méthodologie définissant l'indicateur considère d'une part l'aspect santé avec la prise en compte de certaines données sanitaires en lien avec les nuisances sonores (gêne, perturbation du sommeil et maladies cardio-vasculaires) et d'autre part le contexte urbain (proximité d'espace vert, multi-exposition, ...). Les données d'entrées de la méthode mise en place ici sont les niveaux de bruit issus de la cartographie pour la directive européenne, avec les limites que cela représente. Le travail a été réalisé via un SIG permettant une bonne gestion des différentes couches d'information et des données géographiques. L'indicateur obtenu semble pertinent et intéressant quant à l'apport d'information sanitaire et possède une certaine opérationnalité qui lui permet d'être adapté à de nombreux cas réels.

## 1 Introduction

L'exposition au bruit apparaît comme un sujet de préoccupation important pour la population. D'après une étude INSEE de 2002, dans les agglomérations de plus de 50 000 habitants, le bruit est placé devant l'insécurité et la pollution quand il s'agit de hiérarchiser les problèmes locaux. La maîtrise de la qualité de l'ambiance sonore représente un enjeu environnemental majeur en tant qu'élément objectif influant sur la qualité de vie et la santé de chaque individu. L'ampleur des phénomènes associés aux nuisances sonores (effets auditifs, extra-auditifs et subjectifs) justifie d'appréhender le bruit comme un véritable enjeu de santé publique qui affecte aussi bien la santé des personnes que la cohésion sociale.

Ce travail s'inscrit dans ce contexte, avec pour objectif de mieux caractériser l'impact sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain. La problématique est d'identifier les éléments pertinents à associer entre eux pour créer un indicateur qui permette de donner une information sanitaire à une échelle territoriale fine : l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique).

Le travail se base sur des données disponibles à agréger les unes aux autres. Les données acoustiques sont issues de la directive européenne 2002/49/CE, les données démographiques proviennent de l'INSEE, les informations sanitaires sont issues de la bibliographie. La méthodologie mise en place vise donc à regrouper un certain nombre d'information pour illustrer sous la forme d'un indicateur unique un risque sanitaire lié aux nuisances sonores.

## 2 Effets du bruit sur la santé

Les principaux risques pour la santé identifiés par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) sont regroupés

sous trois dénominations : les effets auditifs, biologiques extra-auditifs, et subjectifs.

### 2.1 Effets biologiques auditifs

Les effets biologiques auditifs regroupent la douleur et la fatigue auditive allant jusqu'à la surdité temporaire voire définitive ainsi que les acouphènes. [1]. Ces effets sont les conséquences d'expositions sonores à des niveaux élevés rencontrés essentiellement dans le cadre du travail ou lors des loisirs. Ils ne correspondent généralement pas à des expositions environnementales provenant des bruits des transports terrestres ; les effets auditifs ne seront donc pas pris en considération dans la suite des réflexions.

### 2.2 Effets biologiques non-auditifs

Les effets biologiques non-auditifs du bruit, quant à eux, ne sont pas le résultat direct de l'énergie sonore. Ils sont le résultat du stress généré par le bruit sur l'organisme et incluent les troubles du sommeil [2], les effets sur les fonctions physiologiques (système digestif, respiratoire et cardio-vasculaire) et immunitaires et les troubles psychiques. Ces effets, dont l'importance est certainement sous-estimée, sont moins bien établis et acceptés que les effets auditifs et ils sont non spécifiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent être imputables à d'autres facteurs de stress. D'où la difficulté de relier ces effets à une exposition au bruit [3].

### 2.4 Effets subjectifs

L'OMS définit la santé comme « un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladies ou d'infirmité » (OMS, 1946). Cette définition tend donc à considérer les effets subjectifs comme des événements de santé à part entière. Les effets subjectifs comprennent les interférences avec le comportement social et la communication, la baisse

de performance au travail et à l'école et finalement l'effet le plus documenté : la gêne.

La gêne sonore psychologique est une notion assez floue définie comme une sensation perceptive et affective négative exprimée par des personnes soumises au bruit [1,4]. L'OMS en propose la définition suivante : « La gêne peut se définir comme une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement (le bruit) dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé » (OMS, 1980). La gêne est donc le résultat de l'interférence du bruit sur des activités quotidiennes et sur le bien-être psychologique.

Des facteurs non acoustiques interviennent dans la construction de la gêne. Ils peuvent se classer en trois catégories [5] : les facteurs individuels, les facteurs de situation et les facteurs sociaux.

## 2.4 Synthèse

Les effets du bruit sur la santé sont rarement mortels, et ne sont souvent que transitoires ; cependant, des effets néfastes peuvent être cumulés avec des expositions répétées à des niveaux sonores élevés. La perturbation du sommeil, le masquage de la parole, l'interférence avec les loisirs altèrent la qualité de vie. En outre, le bruit perturbe le processus d'apprentissage au cours des enseignements ainsi que l'exécution de certaines tâches, et accroît l'incidence des comportements antisociaux. Le bruit nuit donc à la santé humaine et au bien-être de la même manière que le stress chronique [6].

## 3 Informations disponibles sur les effets sanitaires

Malgré l'ampleur des effets négatifs, les informations quantifiables disponibles, relatives aux effets sanitaires sont peu nombreuses. Elles correspondent principalement aux valeurs guides émises par l'OMS et aux relations exposition-réponse.

### 3.1 Valeurs guide de l'OMS

Les valeurs guide correspondent à des valeurs acoustiques associées à un temps d'exposition en-dessous desquelles aucun effet néfaste sur la santé ou aucune nuisance n'est en principe attendu pour la population générale. Les valeurs guide disponibles sont établies pour les effets suivants : les troubles de l'audition, les troubles du sommeil, la gêne et l'intelligibilité du discours (communication), car il s'agit des effets les mieux documentés à ce jour. L'OMS a mis en place ces valeurs (niveaux intérieurs et extérieurs) pour les bâtiments d'habitation, les hôpitaux et les écoles où les niveaux de bruit peuvent affecter l'apprentissage des enfants.

Concernant les troubles du sommeil, l'OMS préconise que quand les bruits sont continus, le niveau de bruit équivalent ne devrait pas excéder 30 dB(A) à l'intérieur de l'habitation. Pour des bruits non continus, le niveau de bruit maximum ne devrait pas dépasser 45 dB(A).

Concernant la gêne, l'OMS fixe un niveau de bruit équivalent sur les balcons, les terrasses et les espaces de vie en plein air qui ne doit pas dépasser 55 dB(A) pour une gêne forte et 50 dB(A) pour une gêne moyenne en bruit continu. De même que pour les habitations, le niveau de bruit équivalent provenant de sources externes pour les

terrains de jeux dans les écoles, ne doit pas dépasser 55 dB(A). Dans les hôpitaux, étant donné que les patients ont moins la capacité à faire face au stress, le niveau de bruit équivalent en intérieur ne doit pas dépasser 30 dB(A) au cours de la journée et le soir [7].

### 3.2 Relations exposition-réponse

Hormis les valeurs guides OMS, il existe des relations exposition-réponse qui traduisent une relation entre exposition à des niveaux de bruit et effet sanitaire. Elles sont établies pour la gêne et la perturbation du sommeil par rapport au bruit des transports routiers, ferroviaires et aériens. Il s'agit d'effets pour lesquels des preuves suffisantes de relation avec l'exposition au bruit existent. Ces relations exposition-réponse ont pour principal objectif d'estimer le nombre probable de personnes affectées par le bruit.

Les relations exposition-réponse pour la gêne sont fondées sur des enquêtes socio-acoustiques menées en population depuis près de 60 ans en Europe, en Amérique du Nord et en Australie [8]. Les courbes s'expriment en fonction d'un niveau de bruit en Lden, elles sont représentées sur la Figure 1).

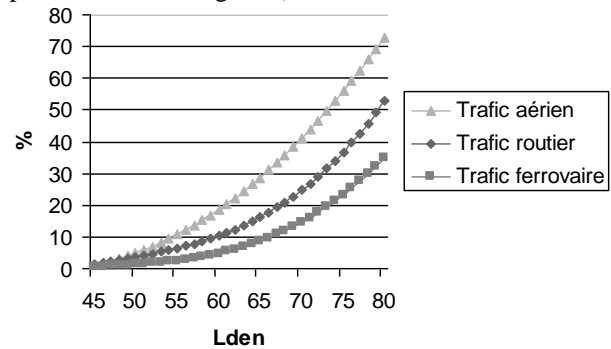


Figure 1 : Pourcentage de personnes très gênées en fonction de l'exposition au bruit [9]

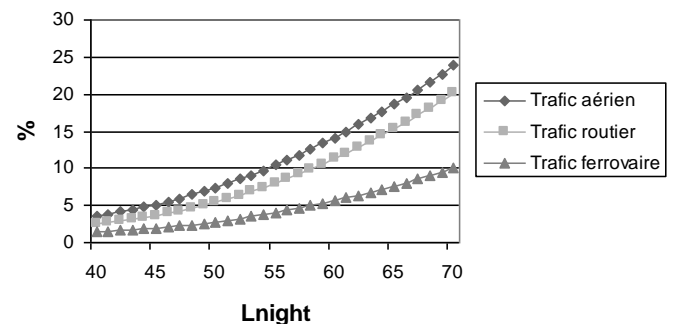


Figure 2 : Pourcentage de personnes très perturbées pendant leur sommeil en fonction de l'exposition au bruit par type de source [10]

A même niveau sonore, le bruit d'avion est une source de gêne plus importante que le bruit routier, lui-même plus gênant que le bruit ferroviaire. En terme d'application, la Commission Européenne recommande l'utilisation de ces relations pour estimer la gêne sonore en se basant sur l'exposition des habitations au bruit.

Comme pour la gêne, les troubles du sommeil sont investigués par des enquêtes à partir de questionnaires, les courbes des relations expositions réponse sont représentées sur la Figure 2.

## 4 Méthodologie

### 4.1 Principes généraux

Le premier axe de travail est d'agrèger des données sanitaires à l'échelle du bâtiment étant donné que les informations acoustiques disponibles sont les niveaux de bruit en  $L_{den}$ ,  $L_{night}$  et  $L_{day}$  pour les bâtiments d'habitation. Puis dans un second temps, la réflexion se portera à l'échelle de l'IRIS en considérant les données d'urbanisme pouvant interférer sur la perception du bruit. L'objectif final est de définir un indicateur à l'échelle de l'IRIS en lien avec l'impact sanitaire du bruit. La méthodologie peut se résumer par le schéma de la Figure 3. Afin de mettre en place une méthodologie modulable, un score est établi pour chaque critère. L'indicateur final correspond à l'addition des scores des différents critères. L'indicateur se base sur les relations exposition-réponse pour la gêne et pour le sommeil (pour le routier et le ferroviaire), qui apportent une information plus riche en terme sanitaire que les valeurs guides OMS. En ce qui concerne les maladies cardio-vasculaires, l'indicateur se base sur le nombre de personnes exposées à un seuil pouvant induire un risque de maladies cardio-vasculaires [11].

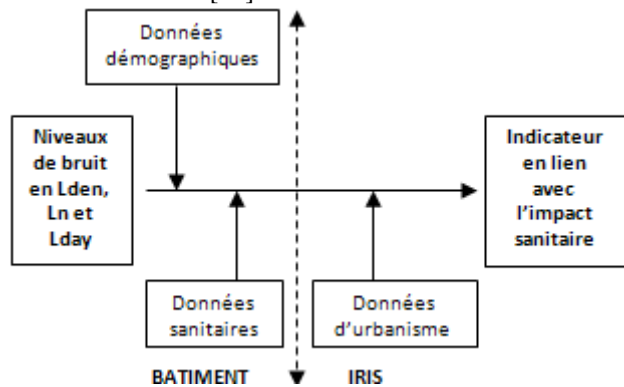


Figure 3 : Description de la méthodologie

### 4.2 Méthodologie détaillée

La première étape consiste à estimer le nombre de personnes par bâtiment à partir des données INSEE. Dans ce travail, la répartition est effectuée uniquement dans les bâtiments d'habitation et proportionnellement à leurs volumes.

Ensuite, pour obtenir un pourcentage de personnes susceptibles d'être gênées et un pourcentage de personnes susceptibles d'être perturbées pendant leur sommeil, les relations exposition-réponse sont appliquées à chaque bâtiment d'habitation (niveaux de bruit en  $L_{den}$  ou en  $L_{night}$ ). Cependant, ces relations ne sont valables que pour des niveaux de bruit supérieurs à 37 dB(A) pour la gêne et 30 dB(A) pour les perturbations du sommeil. Avant d'appliquer les relations exposition-réponse, il est donc nécessaire de supprimer toutes les valeurs inférieures à ces seuils pour ne pas fausser les relations. Pour chacun des deux effets, nous avons donc le pourcentage de personnes concernées et le nombre de personnes par bâtiment, ce qui nous permet d'obtenir le nombre probable de personnes concernées. Puis, pour chaque IRIS, connaissant les bâtiments qui les composent, nous additionnons le nombre de personnes concernées pour avoir une valeur globale. Enfin, comme nous connaissons le nombre de personnes dans l'IRIS, il sera possible d'établir un pourcentage de personnes susceptibles d'être gênées et un pourcentage de

personnes susceptibles d'être perturbées dans leur sommeil au niveau de l'IRIS, en divisant la valeur globale représentant le nombre de personnes concernées par l'effet sanitaire par le nombre de personnes présentes dans l'IRIS (cf. Figure 4). Les résultats, en pourcentage, sont ramenés à un score sur 10 avant d'être additionnés les uns aux autres et ce afin d'avoir un indicateur final exprimé sur une échelle plus facilement appréhendable. Au final, un premier indicateur  $I_1$  à l'échelle de l'IRIS prenant en compte des données sanitaires, est obtenu en additionnant les résultats des deux premiers effets. Comme nous prenons en considération le bruit routier et ferroviaire pour la gêne et la perturbation du sommeil, nous obtenons une note sur quatre paramètres.

$$I_1 = \frac{\% IRIS, GENE, Route}{10} + \frac{\% IRIS, GENE, Fer}{10} + \frac{\% IRIS, SOMMEIL, Route}{10} + \frac{\% IRIS, SOMMEIL, Fer}{10} \quad (1)$$

Quant aux maladies cardio-vasculaires, l'exposition au bruit du trafic routier à des niveaux supérieurs à 60 dB(A) reflète un risque de développer un infarctus du myocarde soit une probabilité. Il ne serait donc pas légitime d'additionner des pourcentages issus de risque absolu (gêne et perturbation du sommeil) avec des pourcentages issus de risque relatif (infarctus du myocarde). L'information sanitaire vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires se fait donc sous la forme d'un « malus » en considérant le pourcentage de personnes exposées à un niveau de bruit supérieur à 60 dB(A) en journée au niveau de l'IRIS en passant par une première étape à l'échelle du bâtiment (cf. Figure 4). On considère un malus de + 0,5 à appliquer à l'indicateur  $I_1$  pour des pourcentages compris entre 0 et 50%, de + 1 entre 50 et 70% et + 1,5 entre 70 et 100%. Ces malus correspondent à des scores de même ordre de grandeur que les scores précédents (compris entre 0 et 10) et ont été établis après des tests préliminaires dans le modèle SIG. Nous obtenons un indicateur  $I_2$ .

$$I_2 = I_1 + Malus_{MCV} \quad (2)$$

Dans le travail présenté ici, les bâtiments sensibles correspondent aux écoles et aux hôpitaux. La première étape est de déterminer la présence ou non de bâtiment sensible dans l'IRIS avec une condition restrictive. On applique un malus de + 3 pour chaque IRIS présentant au moins un bâtiment sensible (cf. Figure 4).

$$I_3 = I_2 + Malus_{BAT\ SENSIBLE} \quad (3)$$

La présence de parcs et d'espaces verts diminue significativement l'insatisfaction vis à vis du bruit de circulation [12]. Pour la localisation géographique des espaces verts, nous avons eu recours à la base de données géographiques CORINE Land Cover téléchargeable sur le site de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement) d'où l'on pourra tirer des informations géo-localisées. A partir de ces données, nous définissons un périmètre autour de ces zones qui caractérise l'accessibilité à ces zones. A ce niveau, un facteur important à prendre en compte est la distance entre la zone verte et les habitations. Nous considérons qu'une bonne accessibilité aux espaces est garantie lorsqu'il faut moins de 5 minutes pour accéder à la zone verte, soit approximativement un parcours à pied de 300 mètres. Une fois le périmètre établi, les bâtiments présents dans cette zone sont identifiés pour en déduire le pourcentage de personnes proches de zones vertes dans l'IRIS en divisant le nombre de personnes concernées par le nombre de personnes présentes dans l'IRIS. En fonction du

pourcentage, nous appliquons un « bonus » qui vient s'ajouter à l'indicateur  $I_3$ . On considère un bonus de -0,2 pour des pourcentages compris entre 0 et 30%, de -0,4 entre 30 et 60% et -0,8 entre 60 et 100%. De même que pour les maladies cardio-vasculaires, ces bonus ont été établis après des tests préliminaires dans le modèle SIG. Nous obtenons un indicateur  $I_4$  qui correspond à l'indicateur final (cf. Figure 4).

$$I_4 = I_3 + \text{Bonus}_{\text{ZONE VERTE}} \quad (4)$$

La Figure 4 représente un schéma synthétique de la méthodologie mise en place.

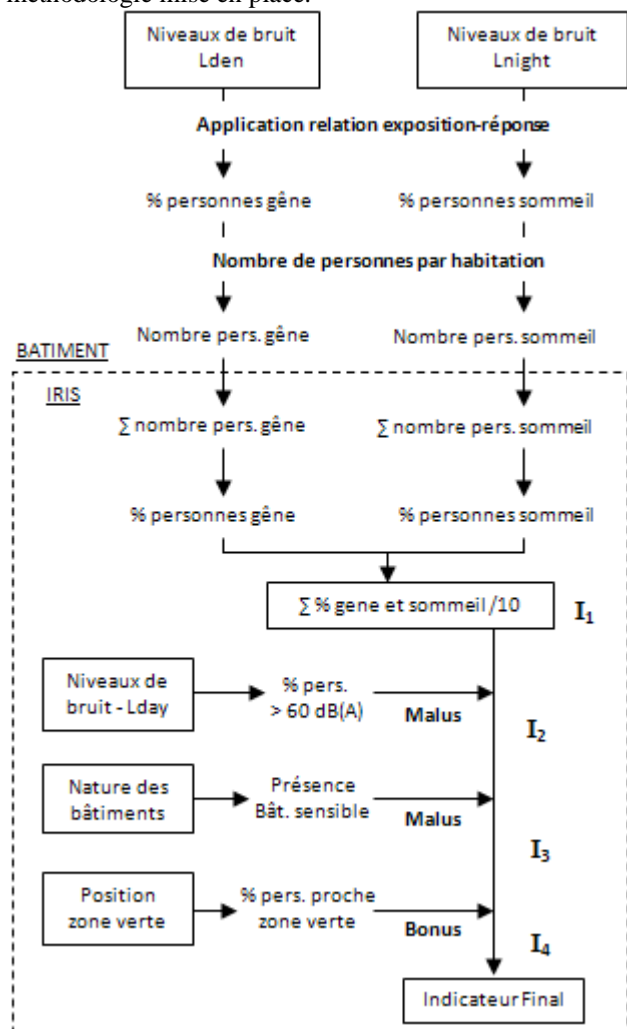


Figure 4 : Synthèse de la méthodologie

## 5 Limites

Ce travail présente un certain nombre de limites aussi bien au niveau des données initiales qu'au niveau de la méthodologie.

### 5.1 Données de la cartographie et modèles acoustiques

Ce travail se base sur les niveaux de bruit estimés dans le cadre de la directive européenne. Les limites intrinsèques à cette directive concernant donc également la méthodologie mise en place. En particulier, les cartes issues de la directive sont souvent basées sur des couches de données (trafic, contours et hauteurs des bâtiments, nature des bâtiments ...) qui ont été estimées à des dates très différentes. D'autre part, les niveaux de bruit sont estimés en façade du bâtiment et la qualité de l'isolation des

logements n'est pas prise en compte dans la méthodologie (pas de données disponibles).

### 5.2 Données de population et exposition

La limite la plus importante concerne la date du recensement utilisé pour la quantification des populations dans les IRIS. De plus, le nombre d'habitants est approximé en considérant le volume des habitations mais pas le type de bâti (individuel, collectif...). Or, celui-ci joue sur le nombre de personnes par bâtiment. Quant à l'exposition des populations, elle est déduite en retenant le niveau sonore maximal calculé sur l'ensemble des façades du bâtiment et peut donc être légèrement surestimée.

### 5.3 Données sanitaires

Les relations exposition-réponse vis-à-vis de la gêne et du sommeil utilisées dans la méthodologie ne font pas consensus dans l'ensemble de la communauté scientifique car elles présentent un certain nombre de limites. Elles ont toutefois été validées par des groupes de travail européens, ce qui leur confère une certaine reconnaissance institutionnelle. Elles représentent à ce jour la meilleure connaissance scientifique disponible et semblent plutôt robustes. Ces données sont donc utilisables et opérationnelles si tant est que l'on ait conscience de leurs limites. Par ailleurs, ces relations ont déjà été utilisées pour évaluer les conséquences du bruit sur la santé dans de nombreuses études et projets européens [13].

Au niveau des maladies cardio-vasculaires, les principales limites se concentrent vers le peu d'études fournissant des relations exposition-réponse valides entre maladies cardio-vasculaires et niveaux de bruit.

### 5.4 Données urbaines

L'IRIS est l'unité spatiale retenue dans la méthodologie car c'est la plus petite unité de l'INSEE permettant d'avoir des données démographiques mais les contours peuvent être géographiquement contestables.

Concernant la multi-exposition (en l'occurrence, route + fer), il n'existe pas à l'heure actuelle de modèle de référence pour évaluer la gêne due à des bruits cumulés. Deux modèles, l'un basé sur la dominance et l'autre sur le cumul énergétique, ont été testés pour la gêne mais les résultats n'ont pas montré de différence significative avec la méthodologie mise en place sans prendre en compte cette multi-exposition.

### 5.5 Méthodologie en elle-même

La méthodologie appliquée pour la mise en place de l'indicateur repose sur des choix qui eux-mêmes peuvent présenter des limites et des incertitudes. La première étape consistant à additionner les pourcentages de gêne et de perturbation du sommeil pour la route et le fer peut être remise en question. En effet, le scénario choisi pour la méthodologie est majorant puisqu'il considère que les personnes gênées par la route, par le fer et perturbées dans leur sommeil par la route et par le fer sont toutes différentes. Or, il est fortement plausible que des personnes se retrouvent dans plusieurs catégories voire dans les quatre à la fois. Les résultats sont donc surestimés mais comme l'objectif est de révéler un impact en termes de santé publique, il est préférable de réaliser une surestimation plutôt qu'une sous-estimation du nombre de cas. Les

bonus/malus ajoutés par la suite se rattachent à des principes ou à des phénomènes en lien avec des effets sanitaires particuliers. L'application de valeurs différentes pour chaque bonus/malus permet d'accentuer certains éléments par rapport à d'autres, mais le fait d'introduire ces bonus/malus dans une note globale peut masquer des informations nécessaires à la comparaison entre IRIS. Il reste donc important de considérer la note globale de l'IRIS sans omettre les sources à l'origine de l'indicateur.

## 6 Résultats

Cette dernière partie a pour finalité de présenter les résultats obtenus sous forme visuelle par des cartographies. Potentiellement, la valeur théorique maximale de l'indicateur est de 44,5. Ce score maximal correspond à une situation où l'on aurait : 100% de personnes gênées et perturbées pendant leur sommeil pour les bruits routiers et ferroviaires ; un pourcentage supérieur à 70 % de personnes dans l'IRIS exposées à des niveaux de bruit supérieurs à 60 dB(A) ; la présence d'au moins un bâtiment sensible dans l'IRIS.

Dans la pratique, les scores obtenus se répartissent sur des notes de 0 à 16. Néanmoins, les scores à partir de 13 ne constituent qu'une faible partie des IRIS (6 %). Les résultats sont donc représentés via une échelle colorimétrique (Figure 5) allant de 0 à 13 où 0 correspond à la note minimale soit une signification sanitaire nulle et supérieur à 13 à la note maximale soit une signification sanitaire importante.

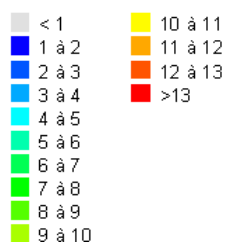


Figure 5 : Echelle de couleur pour l'indicateur mis en place pour les Figures 6 et 7

Pour des raisons de restriction de diffusion des résultats, les IRIS réels (de taille différente et de forme irrégulière) de l'agglomération pour laquelle la méthodologie a été concrètement testée, ne sont pas représentés et ont été remplacés par des IRIS fictifs de taille géographique régulière. Ce choix permet de visualiser des résultats potentiellement obtenus avec la méthodologie mise en place sans rapport direct avec le territoire expérimenté.

Les IRIS représentés en gris clair ont une note inférieure à 1 car ils ne contiennent pas d'habitations. En effet, ce sont des IRIS regroupant des industries ou des structures de santé ou des bâtiments appartenant à la catégorie « autres ». Aucun calcul n'a pu être effectué à partir de ces IRIS étant donné que la méthodologie est basée sur le nombre d'habitants. La représentation par des IRIS fictifs a eu pour effet d'augmenter les IRIS ayant une note inférieure à 1. En réalité le taux d'IRIS dans lesquels il n'y a aucun habitant est de l'ordre de 2% (pour l'agglomération pour laquelle la méthodologie a été testée).

Les cartes d'IRIS fictifs des Figures 6 et 7 représentent respectivement les indicateurs  $I_1$  et  $I_4$ . La comparaison entre les deux indicateurs montre une évolution des scores des IRIS ce qui montre que les bonus/malus appliqués sont significatifs. Les scores des IRIS sont bien répartis dans

l'échelle de cotation. Ainsi, les cartes révèlent des IRIS présentant une signification sanitaire faible, des IRIS présentant une signification sanitaire moyenne et des IRIS présentant une signification sanitaire importante. Les comparaisons sont donc possibles entre IRIS au sein d'une agglomération.

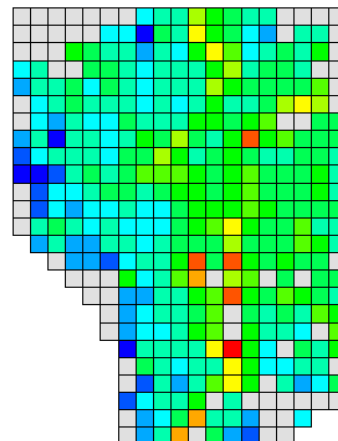


Figure 6 : Carte avec application du critère pour la gêne et le sommeil (route + fer),  $I_1$

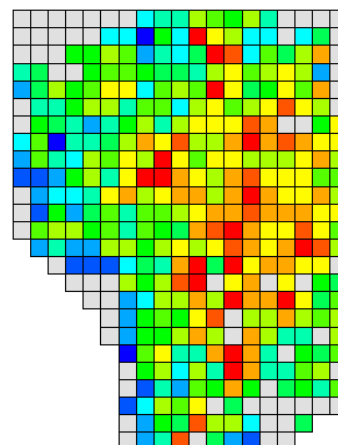


Figure 7 : Carte avec application du critère pour la gêne, le sommeil, les maladies cardio-vasculaires, les bâtiments sensibles et les zones vertes,  $I_4$

## 7 Perspectives en santé publique

L'ensemble de la méthodologie se base à partir de données disponibles et présente un certain nombre de limites. Il faudrait donc enrichir ce premier travail pour obtenir des informations plus pertinentes. Cependant, l'indicateur mis en place dans ce travail fournit une information sanitaire supplémentaire par rapport aux cartographies de bruit qui retranscrivent insuffisamment la notion de gêne via l'indicateur acoustique  $L_{den}$ . De ce fait, l'indicateur présente un certain intérêt pour les pouvoirs publics puisqu'il donne une image globale d'un risque sanitaire pour les populations. En effet, cet indicateur permet de mieux prendre en compte les effets du bruit sur la santé des populations en considérant d'une part plusieurs effets sanitaires et d'autre part plusieurs critères liés à la configuration de l'espace urbain. Ainsi l'indicateur modélise un « impact sanitaire » à partir de niveaux de bruit. Il peut donc être utilisé comme un outil de diagnostic pour les collectivités en repérant les zones où l'indicateur a la plus forte signification sanitaire et comme un outil d'aide à la décision pour prioriser les actions. De plus, il est

possible d'avoir recours à cet indicateur pour évaluer l'efficacité des actions entreprises en comparant les résultats obtenus avant et après la mise en place d'un plan d'action de lutte contre le bruit.

En outre, étant donné que cet indicateur est assez « modulable », le décideur n'est pas obligé de prendre en compte tous les critères mais peut choisir d'orienter l'indicateur sur certaines informations comme par exemple seulement les effets du bruit sur le sommeil ou peut renforcer certains critères en modifiant les malus/bonus. Cet indicateur permet également de repérer les IRIS présentant un contexte favorable ou défavorable (présence d'hôpitaux et d'écoles, présence de multiples sources de bruit, présence d'une zone verte à proximité). Enfin, apporter cette information sur une échelle territoriale fine permet de mieux localiser les « zones à risque » et donc de pouvoir entreprendre des actions plus ciblées.

Un inconvénient de l'utilisation de cette méthodologie pour la gestion des risques est qu'elle ne peut s'appliquer que pour des agglomérations ayant déjà élaboré leur cartographie du bruit et disposant d'un logiciel SIG suffisamment puissant pour mettre en place le protocole.

## 8 Conclusions

Ce travail présente la proposition d'une méthodologie pour la mise en place d'un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain.

Cette méthodologie comporte des limites et des incertitudes mais a l'avantage d'apporter une information sanitaire à partir de données acoustiques. De même, on peut aussi concevoir que les politiques pourraient utiliser ces informations comme outil d'aide à la décision pour la gestion des risques sanitaires et comme outil d'analyse des politiques d'aménagement du territoire.

Afin d'améliorer l'indicateur, il serait intéressant de poursuivre les recherches et les études sur les effets sanitaires notamment en situation de multi-exposition, ce qui correspond à une exposition plus juste que la mono-exposition. Ceci suggère de réaliser des enquêtes de terrain et des simulations en laboratoire pour déterminer les processus et les capacités d'un individu à agréger les différentes sources de bruit.

De plus, il faut continuer de développer des modèles psycho-acoustiques qui visent à établir des relations statistiques et causales entre certaines propriétés physiques du son et les réponses humaines. Corréler une mesure acoustique avec des phénomènes subjectifs garantit une certaine opérationnalité pour quantifier un « impact sanitaire » et finalement pour aider les pouvoirs publics dans leur prise de décision.

Enfin, il semble nécessaire de privilégier des enquêtes relatives à des états de santé reportés par l'individu car il existe une dissociation forte entre perception de l'individu et mesures biologiques, d'où l'importance des travaux qui se concentrent sur l'évaluation de l'état de santé reporté plutôt que sur des mesures objectives sur l'organisme. Il ne faut cependant pas exclure pour autant les aspects physiologiques dont l'importance est certainement sous-estimée et qui nécessitent de plus amples recherches.

Finalement, si l'on s'intéresse à l'exposition « réelle » au bruit qui correspond à la dose de bruit reçue sur une période de 24 heures, il faudrait prendre en considération les niveaux sonores et leur perception lors des

déplacements, lors du travail, à la maison et pendant les loisirs.

## Références

- [1] Mouret J., Vallet M., "Les effets du bruit sur la santé", Paris : Ministère des affaires sociales de la santé et de la ville, 131 p. (1995)
- [2] Muzet A., "Environmental noise, sleep and health", *Sleep Medicine Reviews*, 11, 135-142 (2007)
- [3] AFSSE, Impacts sanitaires des nuisances sonores – Etats des lieux, indicateurs bruit-santé, 304 p. (2004)
- [4] Miedema H., "Annoyance caused by environmental noise elements for evidence based noise policies", *Journal of Social Issues*, 63(1), 41-57 (2007)
- [5] Fyhri A., Klaboe R., "Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health - A structural equation model exercise", *Environment International*, 7 p. (2008)
- [6] Passchier-Vermeer W., Passchier W., "Noise exposure and public health", *Environmental Health Perspectives*, 108, 123-131. (2000)
- [7] Berglund B., Lindvall T., Schwella D., "Guidelines for community noise", Genève: World Health Organization, 159 p. (1999)
- [8] Miedema H., "Exposure-response relationships for transportation noise", *Journal of Acoustical Society of America*, 104(6), 3432-3445 (1998)
- [9] European Commission, "Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance", Luxembourg: Office of Official Publications of the European Communities, 23p. (2002)
- [10] European Commission, "Position paper on dose effect relationships for night time noise", Luxembourg: Office of Official Publications of the European Communities, 30p. (2004)
- [11] Babisch W., "Transportation noise and cardiovascular risk – Review and synthesis of epidemiological studies – Dose-effect curve and risk estimation", Berlin: Federal Environmental Agency, 113 p. (2006)
- [12] Gidlof-Gunnarsson A., Ohrstrom E., "Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas", *Landscape and Urban Planning*, 83, 115-126 (2007)
- [13] Martin M., Tarrero A., Gonzalez J., Machimbarrena M., "Exposure-effect relationships between road noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain", *Applied Acoustics*, 67, 945-958 (2006)