

Approche géographique de la relation entre les nuisances sonores et la santé humaine

Bertrand BÉGARIE

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Avec le développement des techniques, le bruit ambiant a augmenté ces dernières décennies de plusieurs dizaines de décibels, ce qui représente quelque chose de très important. La pollution sonore est un grave problème d'environnement, notamment lorsque les niveaux sonores dépassent certaines valeurs pouvant provoquer des dommages physiques ou psychologiques même si les avancées technologiques permettent aujourd'hui d'atténuer les bruits à la source ou de réduire leur propagation (murs antibruit sur les autoroutes, etc.) mais les efforts des pouvoirs publics restent faibles face à un phénomène grandissant. Selon l'enquête de l'INSEE de 2002, 54% des habitants d'agglomérations de plus de 50 000 habitants sont gênés par le bruit à leur domicile et cette nuisance est au 1er rang des sources de plaintes en France. Dans les grandes villes, le niveau sonore moyen est 2 à 3 fois supérieur à la moyenne nationale. De plus, 1 million de français vivent dans des lieux où le niveau de bruit est dit critique (+de 70db) et 5 millions de salariés en France sont exposés quotidiennement à des bruits d'intensité supérieure à 85 dB.

Le bruit affecte fortement la qualité de vie, mais n'est pas un facteur de mortalité à proprement dit. Les enjeux sont nombreux pour maîtriser un phénomène encore méconnu (meilleure qualité de vie pour les citoyens, prévention des populations envers les risques générés par le bruit en milieu urbain). Le bruit est-il un phénomène trop complexe pour être maîtrisable à l'échelle d'une ville ?

Le bruit dans la ville est inséparable de son fonctionnement (activités et promiscuité humaine, circulation saturée dans des voies de communication qui sont devenues des « couloirs de bruit ») mais il est aussi la cause de nombreuses perturbations. Il devient gêne ou nuisance touchant au confort et à la qualité de vie lorsqu'il est répétitif, intensif et dépasse des seuils biologiques et psychologiques acceptables pour l'homme. La perception de ce fait urbain diffère fortement selon les individus (cela dépend des comportements, des habitudes, de l'état de santé...). C'est en cela que le bruit est une nuisance difficile à appréhender pour une population entière. Le fait que la gêne due au le bruit comporte une part de subjectivité ne permet pas d'étudier le bruit seulement avec des mesures de niveaux d'exposition et nécessite donc des études complémentaires et centrées sur l'individu. Cependant, les effets du bruit sur la santé de l'homme sont connus et récemment les instances de l'Europe ont mis en place une directive européenne pour évaluer et quantifier le phénomène, à l'échelle des agglomérations.

Comment étudier les effets sur la santé d'un phénomène volatil, qui diffère dans le temps et l'espace ? Quelles sont les différentes méthodes utilisées pour réaliser les cartes de bruit prévues par la directive européenne pour les années à venir ?

1. Le bruit : une nuisance répandue et complexe

1.1. La population face au bruit

Dans le langage courant, la notion de « bruit » est associée à tout son qui prend pour chacun un caractère désagréable ou inacceptable (déplaisant, fatigant, perturbateur, douloureux...). La notion de bruit a donc un caractère subjectif. Certains phénomènes sonores sont considérés comme étant acceptables ou même désirés (communication verbale, musique, chants des oiseaux, écoulement de rivières, impact des vagues sur la plage...) tandis que

d'autres sont considérés comme indésirables voire insupportables (bruits de voisinage qui peuvent être multiples et de natures différentes, aboiement de chiens, de circulation automobile, ferroviaire ou aérienne...). Le bruit est à la fois un phénomène physique, une sensation auditive et une perception. Pour tenir compte des particularités de la perception acoustique humaine, on exprime les intensités sonores en dB (A), qui tient compte de la différence de sensibilité de l'oreille humaine selon les fréquences de sons perçus.

En 1998, 12,3 millions de Français étaient quotidiennement exposés à des niveaux de bruit de plus de 65 dB (A) (source INRETS), soit environ 20% de la population française. Selon l'enquête de l'INSEE de 2002, 50% des ménages se disent gênés par le bruit dans la région parisienne, contre 40% dans les agglomérations des métropoles françaises et 25% dans les milieux ruraux. On estime d'autre part à 250 000 le nombre de logements soumis, sur le réseau national, à un bruit de plus de 70 dB (A). Il faut ajouter à ces chiffres celui des 500 à 600 groupes scolaires également touchés.

Le lien entre gêne et intensité physique du bruit est variable. Le bruit, en tant que mesure physique, n'explique qu'une petite partie de la variabilité des réponses individuelles au bruit. L'aspect « qualitatif » du bruit est donc également essentiel pour évaluer la gêne. Par ailleurs, la plupart des enquêtes sociales ou socio acoustiques ont montré qu'il est difficile de fixer le niveau précis où commence la gêne. Un principe consiste d'ailleurs à considérer qu'il y a toujours un pourcentage de personnes gênées, quel que soit le niveau seuil de bruit. Pour tenter d'expliquer la gêne, il faut donc aller plus loin et en particulier prendre en compte des facteurs non acoustiques, comme des facteurs purement individuel (profession, âge, habitudes), des facteurs de situation (bruit produit, bruit subit, bruit imprévisible) ou encore des facteurs qu'on peut qualifier de culturels comme le climat d'un espace ou encore la culture sonore d'un pays.

Toutes ces subtilités du son et de l'oreille humaine montre que le bruit est un phénomène difficile à appréhender, d'autant que dans un milieu urbain, les sources d'émissions sont nombreuses.

1.2. Les variations spatiales des bruits

La transition de la campagne vers la ville révèle un contraste saisissant sur le plan sonore. Au cœur de la ville et malgré la mécanisation de l'espace sonore urbain, des disparités persistent sur le plan sonore. En effet, certains espaces verts restent protégés des nuisances sonores alors que certains espaces de la ville s'accompagnent de niveau sonore élevé.

En ville, les sources d'émissions sont multiples et peuvent se combiner. La typologie suivante désigne l'origine des nuisances sonores :

- émissions sonores issues des habitations ou du voisinage : (intensité maximale dans l'habitat collectif et dans les grands ensembles). L'ambiance sonore a une grande importance en terme de confort, de qualité de vie dans l'habitat et le bruit gêne ici par son côté intrusif, imprévisible mais évitable. La plupart des plaintes déposées au ministère de l'environnement ou dans les postes de police concernent les intrusions sonores du voisinage et les tapages nocturnes.
- émissions sonores issues des activités industrielles : (en diminution grâce aux contrôles et à la législation à la déprise industrielle) ou les chantiers de travaux publics, bruyants mais changeant dans le temps et l'espace.
- émissions sonores issues des transports : considérés comme les plus gênants (2 roues, poids lourd, voitures, transports aériens et ferroviaires...) les transports représentent 80% des émissions de bruit en milieu urbain. Dans ces 80%, le bruit routier représente 68% des émissions, l'aérien 20% et le ferroviaire 12%.
- bruits produits par les espaces festifs : notamment dans certains quartiers bien définis.

L'exposition à des niveaux de bruit élevé a des effets avérés sur la santé humaine et de nombreuses études socio-acoustiques ou psychologiques sur des individus soumis à des niveaux de bruit importants, notamment dans leur milieu professionnel, ont montré que les effets ne sont pas seulement auditifs et directs mais touche aussi l'ensemble de l'organisme humain.

2. Les conséquences sanitaires de l'exposition au bruit

Le phénomène physique qu'est le son est transformé en signaux nerveux qui sont répercutés sur l'ensemble des systèmes physiologiques de l'organisme humain. Le bruit a, à partir d'un certain niveau et d'une certaine fréquence, des effets sur la santé qui ont fait l'objet de recherches depuis les années 1970.

Le bruit exerce trois sortes d'effets sur la santé : les effets auditifs, non auditifs (ou physiologiques) et les effets subjectifs. Les effets auditifs sont multiples et varient selon le niveau et la durée d'exposition. Les effets non auditifs comprennent le stress et des effets physiologiques et comportementaux connexes.

2.1. Les effets auditifs du bruit

L'oreille humaine émet un signal d'alarme à partir de 120 dB, alors qu'un niveau de 90 dB représente un danger pour l'audition.

Les effets du bruit ne dépendent pas uniquement de l'intensité sonore. Le temps d'exposition maximal tolérable en DB (A) pour l'oreille par jour est de : 8 heures à 85 DB (A), 2 heures à 91 DB (A), 15 min à 100 DB (A) et une min à 112 DB (A). Des études épidémiologiques ont montré que les effets auditifs à court terme peuvent être quantifiés par un audiogramme avant et après une exposition.

- Effet de masque (altération de la perception d'un son par addition d'un son d'intensité supérieure), « effet cocktail ». Ce phénomène est souvent lié à des espaces bruyants par nature (discothèque, bar, chantier) Ce phénomène intervient aussi dans la perturbation de l'apprentissage en général (écoute, concentration, réflexion). Une voix associée à un bruit de fond nécessite une attention accrue en raison de la multiplicité des messages qui atteignent l'individu.
- Fatigue auditive : réduction de la sensibilité auditive qui apparaît à un niveau de 60 à 70 DB. Au delà d'une certaine durée ou intensité, la fatigue auditive est irréversible.
- Acouphènes : Tintement ou bourdonnement dans l'oreille.
- Douleur auditive : réponse de l'appareil auditif à une situation anormale et qui apparaît à partir de 120 dB.
- Traumatisme aigu : de 130 dB à 150 dB ou non aigu de 85 dB à 130 dB, progressivité de la détérioration, au moins 30 min.
- Déficit auditif temporaire ou permanent : phénomène qui se manifeste immédiatement après une exposition à un niveau sonore élevé. Soustraite au bruit, la personne recouvre graduellement sa capacité auditive. Un rétablissement complet peut prendre plusieurs heures. Lorsque la personne cesse d'être exposée au bruit, la capacité auditive perdue ne revient pas.
- Surdité : Sa fréquence est croissante en raison de l'allongement de l'espérance de vie et d'une exposition plus fréquente de nos jours à des bruits de plus en plus forts. Différents types de surdité : surdité de transmission (affectant les éléments de l'oreille externe), surdité neurosensorielle (forme la plus répandue, atteinte de l'oreille interne et des cellules auditives), surdité centrale (affecte les voies nerveuses et les zones cérébrales de

l'audition). La surdité est la maladie professionnelle la plus coûteuse pour les entreprises et la société (20% de l'ensemble).

2.2. Les effets non auditifs ou physiologiques du bruit (hors du champ du système auditif)

Les effets biologiques du bruit ne se réduisent pas uniquement à des effets auditifs : des effets non spécifiques peuvent également apparaître. Du fait de l'étroite interconnexion des voies nerveuses, les messages nerveux d'origine acoustique atteignent de façon secondaire d'autres centres nerveux et provoquent des réactions plus ou moins spécifiques et plus ou moins marquées au niveau de fonctions biologiques ou de systèmes physiologiques autres que ceux relatifs à l'audition.

À partir d'un certain niveau, le bruit va avoir pour effet de fatiguer l'organisme qui ne peut plus répondre aux agressions sonores.

Effets sur la sphère végétative (propre au système nerveux végétatif, indépendant de la volonté, qui règle le bon fonctionnement des organes et coordonne les grandes fonctions physiologiques) :

- sur le système cardio-vasculaire : vasoconstriction, accélération du rythme cardiaque de repos et de la circulation sanguine du à l'élévation de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque,
- sur le système respiratoire : élévation du rythme respiratoire et de la consommation d'oxygène qui sont dus à l'effet de surprise créée par le bruit,
- sur le système digestif : baisse de la fonction salivaire et du transit intestinal qui sont dus à la stimulation acoustique.

Effets sur le système immunitaire

Tout organisme subissant une agression répétée peut voir ses capacités de défense s'affaiblir (modification de la composition sanguine et notamment élévation du nombre de leucocytes dans le sang, révélée par des études au Royaume-Uni chez des personnes soumises à de hauts niveaux de bruit dus au trafic routier)

Effets sur le psychisme

Le bruit est considéré comme la nuisance principale et un facteur détériorant chez les personnes présentant un état dépressif qui peut fréquemment se représenter comme un sentiment de ne pas pouvoir « échapper » au bruit dans notre environnement. Des études réalisées au Royaume-Uni, au Canada, aux Pays-Bas ou encore au Danemark sur des personnes admises dans un service psychiatrique, montre une corrélation forte de la maladie avec l'exposition au bruit. Le bruit est aussi un des grands facteurs de consommation de tranquillisants ou d'antidépresseurs. Un observatoire d'épidémiologie psychiatrique a noté que 59% des patients anxio-dépressifs évoquent le bruit comme le premier facteur de nuisance.

- Affectation de la vue : diminue le champ visuel de 10°, altère également la vision nocturne, défaut d'appréciation des distances, retard dans la perception des couleurs. Un rétrécissement temporaire du champ visuel peut également être observé après une exposition à un niveau sonore élevé (de l'ordre de 100 dB (A)).
- Perturbation du sommeil : 75% des troubles du sommeil sont dus au bruit et la perturbation apparaît à un niveau d'environ 40 dB. Le bruit est un facteur perturbateur du sommeil. L'OMS considère que, pour garantir une bonne qualité de sommeil, le niveau sonore de fond ne devrait pas dépasser 30 dB (A). Toute pointe supérieure à 45 dB (A) devrait être

évitée. Les nuisances sonores induisent des difficultés d'endormissement, des réveils plus ou moins fréquents et des changements de structure du sommeil.

2.3. Les effets subjectifs du bruit

En dehors de la gêne, trois autres effets subjectifs du bruit sont habituellement décrits : les effets sur les attitudes et le comportement social (agressivité et troubles du comportement), les effets sur les performances (par exemple la dégradation des apprentissages scolaires ou de la capacité de concentration) et l'interférence avec la communication (l'effet de masque entraîne une difficulté dans le dialogue). Le lien entre gêne et intensité physique du bruit est variable. La définition de la santé choisie par l'OMS en 1946 (« la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et pas seulement l'absence de maladies »), les effets subjectifs du bruit sont à considérer comme des événements de santé à part entière.

3. Les méthodes d'études sur les nuisances sonores

3.1. Quelques études réalisées sur la nuisance

À partir de 1970, sous la pression d'une demande sociale grandissante, l'État va dynamiser et diversifier les études via plusieurs programmes de recherche. Ces derniers, contrairement à d'autres types de pollution (comme l'air et l'eau), vont favoriser la recherche appliquée pour tenter de proposer des réponses techniques afin de diminuer cette nuisance. Cette deuxième série de programmes concerne à la fois les aspects auditifs et non auditifs du bruit et tente d'évaluer le danger représenté par la menace sonore. C'est la recherche médicale et les sciences de l'ingénieur qui vont représenter le contingent le plus important de réponses à ces appels d'offre qui se répartissent sur les logements (isolation phonique et gêne de l'individu), les effets du bruit sur le sommeil et le coût social des gênes occasionnées.

Mais le bruit, en tant que mesure physique, n'explique qu'une petite partie de la variabilité des réponses individuelles au bruit. L'aspect « qualitatif » du bruit est donc également essentiel pour évaluer la gêne. Par ailleurs, la plupart des enquêtes sociales ou socio-acoustiques ont montré qu'il est difficile de fixer le niveau précis où commence la gêne. Deux enquêtes épidémiologiques ont été menées dans la région parisienne. La première est l'enquête ETADAM (2000) qui a mis en évidence l'existence de liens entre l'exposition au bruit des avions et certaines pathologies ou indicateurs de l'effet de santé (manifestations d'angoisses, consommation de médicaments à visée neuropsychiatrique par exemple). Cette étude a aussi montré le rôle important de nombreux autres facteurs, socio-économiques notamment, susceptibles de modifier la relation entre l'exposition au bruit et l'état de santé. La seconde enquête nommée INSOMNIA (2004) a concerné l'étude des troubles du sommeil des riverains de l'aéroport de Roissy. Elle a montré notamment un nombre plus important de ces troubles et, dans une moindre mesure, un accroissement du stress et de l'angoisse parmi les populations survolées par les avions. D'autres enquêtes sont orientées sur l'individu et sa gêne personnelle et sont de type « enquête de perception ». Elles permettent d'étudier plus particulièrement les comportements et les représentations des individus qui se sentent gênés par le bruit. Ces études relèvent de la dimension subjective de la nuisance et ne portent généralement pas que sur le phénomène du bruit mais aussi sur le quartier, la pollution atmosphérique ou encore les espaces verts et les transports publics. L'une d'elle, concernant le diagnostic de la perception du bruit en milieu urbain et réalisée par l'atelier de sociologie et le CREPAH en 2003 montre que les individus ont des réponses différentes et plus ou moins fortes face aux intrusions sonores (« les imperturbables, les épargnés, les victimes »...).

La méconnaissance encore forte du phénomène par les différents états européens semblent avoir poussé la communauté européenne à prendre le problème au sérieux en planifiant des cartographies du bruit pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants et

des plans d'actions concrets pour chaque pays dans les années à venir par la directive 2002/CE/49.

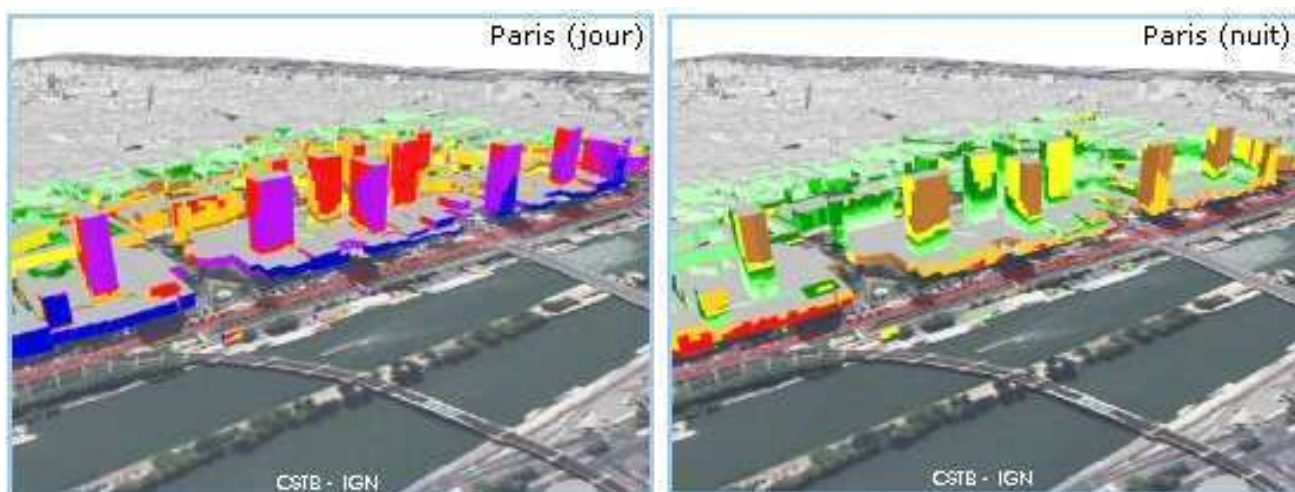
3.2. La Cartographie du bruit comme un moyen de connaître le phénomène

Les cartes de bruit sont destinées à permettre l'évaluation globale de l'exposition au bruit dans l'environnement et à établir des prévisions générales de son évolution. Elles comportent un ensemble de représentations graphiques et de données numériques. Ce sont des représentations des niveaux de bruit en ville, cela donne une image de l'exposition des populations au bruit et aux nuisances sonores. Ces cartographies nécessitent des compétences dans divers domaines et réunissent les SIG, les relevés acoustiques (connaissance des sources et de la propagation des sons, gestion des calculs, croisement calculs/mesures), les prévisions de trafic routier et les relevés topographiques. L'espace géographique est traité dans toutes ses dimensions : localisation (latitude, longitude), caractères physiques (relief, climat, sol), ou encore les transformations humaines (peuplement, construction, transport, industrie).

Les premières cartes du bruit en France datent de 1972. Ce sont les cartes du bruit routier « heures de pointe ». S'oppose alors 2 méthodes :

- la méthode « CartoBruit » : qui considère que le bruit n'est produit que par le trafic routier et qui est ramené aux premières façades de bâtiments riverains de l'axe de circulation par propagation directe.
- la méthode de « Blois » : qui prend en compte toutes les sources de bruit, à tout moment, sur l'ensemble de la surface « hors-bâti » d'un site urbain. C'est un constat acoustique, une situation globale représentative de la période de mesure.

Plus récemment, de grandes villes comme Paris ont réalisé des cartes du bruit pour évaluer le phénomène et anticiper les directives futures de l'Union Européenne.



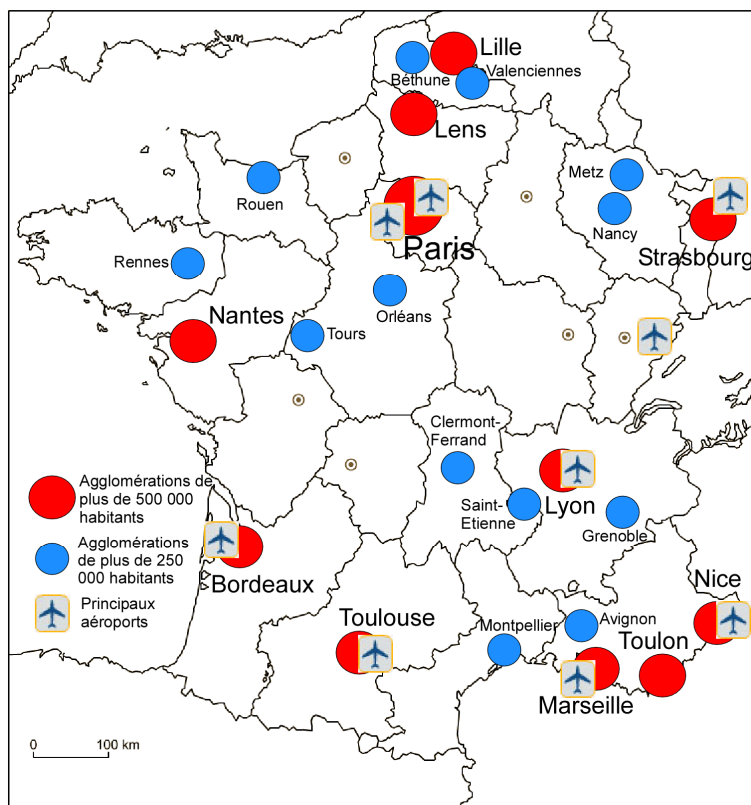
Sur ces cartes, on observe l'exposition au bruit routier à deux périodes de la journée (la journée et la nuit dans un quartier de Paris proche de la Seine, dans le 8^{ème} arrondissement). Dans la carte ci-dessous on remarque des niveaux de bruit très élevés dans cet espace qui comportent des axes majeurs de la circulation parisienne (place de la Concorde, de l'Etoile ou encore les Champs-Élysées) :



La cartographie moderne du bruit est issue de la directive européenne du 25 juin 2002 et comporte un plan d'action européen de lutte avec réactualisation de cartes tous les 5 ans et des indicateurs communs. La directive 2002/49/CE sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement vise une évaluation harmonisée, dans les vingt-cinq états européens, de l'exposition au bruit dans l'environnement, au moyen de cartes de bruit stratégiques. Autres finalités de ce texte : prévenir et réduire les bruits excessifs au moyen de plans d'action ; protéger les zones calmes ; faire en sorte que l'information et la participation du public soient au cœur du processus. De plus, cette directive constitue un outil précieux pour que puissent être collectées des données harmonisées, portant sur des indicateurs communs, et que des actions puissent être menées à l'échelon de la communauté européenne. Ces cartes de bruit doivent aussi être utilisées pour des aides à la décision. La méthode d'évaluation du bruit est la norme française (norme XPS 31-133 dite « NMPB », Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit qui applique le calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les « effets météorologiques », constitue depuis avril 2001 la méthode nationale de référence pour la prévision des niveaux sonores en milieu extérieur) pour le bruit du trafic routier et la méthode des Pays-Bas pour le bruit ferroviaire.

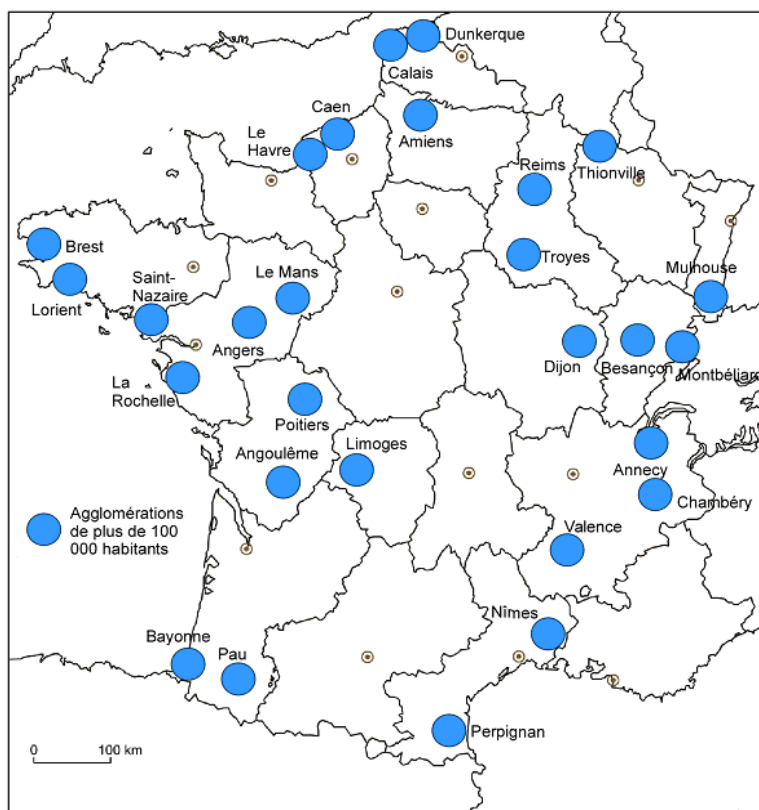
Pour la France :

- 24 agglomérations de plus de 250 000 habitants et grandes infrastructures de transports terrestres et aériennes (les infrastructures routières de plus de 6 millions de véhicules par an, les infrastructures ferroviaires de plus de 60 000 passages de trains par an et les 9 aéroports de plus de 50 000 mouvements par an qui sont Roissy Charles de Gaulle, Paris Orly, Nice Côte d'Azur, Lyon Saint-Exupéry, Marseille Provence, Toulouse Blagnac, Bâle Mulhouse, Bordeaux Mérignac et Strasbourg Entzheim) : cartes prévues pour juin 2007 et plan d'actions pour 2008 ;



(Réalisation : B. Bégarie, 2007)

- 28 agglomérations de plus de 100 000 habitants et les infrastructures moyennes (les routes empruntées par 3 millions de véhicules par an et les voies ferrées comptant plus de 30 000 passages de trains par an.) : cartes prévues pour juin 2012 et plan d'actions pour 2013.



(Réalisation : B. Bégarie, 2007)

Cette directive laisse aux Etats le devoir de désigner des autorités responsables de la collecte des données au niveau national ainsi que l'élaboration des cartes de bruit et des plans d'action. Pour les agglomérations, ce sont les EPCI et les communes qui sont responsables de ces tâches et pour les infrastructures de transport routier ou ferroviaire ce sont les représentants de l'état.

La collecte des données pour la réalisation de la cartographie

Pour réaliser ces cartes de bruit en milieu urbain, il est nécessaire de connaître les données de mesure du bruit, les données topographiques qui peuvent modifier la propagation du bruit et également les données de propagation.

Le bruit va être mesuré par divers instruments comme un sonomètre, un microphone ou un logiciel d'analyse adapté. Ces instruments utilisent des unités de mesure que sont le décibel (dB unité de mesure logarithmique), l'hertz (fréquence ou hauteur d'un son) et la pondération (A qui est une correction de la mesure pour se rapprocher de la perception humaine).

Les principaux indicateurs acoustiques normalisés pour la cartographie du bruit vont ensuite être sélectionnés¹.

L'enjeu majeur des cartes de bruit réside dans la collecte et à l'estimation à grande échelle des données relatives aux sources de bruit, à la topographie et à la localisation et les hauteurs des obstacles et des bâtiments.

Les cartes de bruit représentent les zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones indiquant la localisation des émissions de bruit, les zones où les valeurs-limites sont dépassées et les évolutions des niveaux de bruit.

Ministère de l'écologie

Effets physiques	Effets psychologiques
<ul style="list-style-type: none"> - Lésions auditives - Troubles des fonctions végétatives - Problèmes cardio-vasculaires - Augmentation de la pression sanguine - Diminution de la profondeur du sommeil - Maux de tête 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensation de gêne - Stress, nervosité, tension - Abattement - Perturbation du sommeil - Troubles de la communication - Irritabilité - Symptômes psychosomatiques
Effets économiques	Effets sociaux
<ul style="list-style-type: none"> - Coûts de la santé - Coûts de la lutte contre le bruit - Coûts de l'aménagement du territoire - Baisse des loyers et des prix immobiliers - Pertes de production dues à la baisse de rendement du personnel 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés de communication - Jugements portés sur les autres - Ségrégation sociale (ghettos de bruit) - Diminution de la solidarité - Agressivité

¹ le Leq (en 1972) : on parle de niveau sonore équivalent, mesure en décibels et une mesure combinant le niveau et la durée de l'exposition au bruit. (Leq horaire, Leq jour, Leq nuit).

Le Lden : niveau de bruit moyen sur 24 heures évalué à partir des niveaux moyens de journée (6H-18H), de soirée (18H-22H) et de nuit (22H-6H). Les niveaux moyens de soirée et de nuit sont augmentés respectivement de 5 et 10dbA par rapport au niveau de jour.

Ces 2 indicateurs sont associés à des niveaux de gêne.

L'indice psophique pour l'aérien (qui privilégie le bruit de crête lors du passage de l'avion).