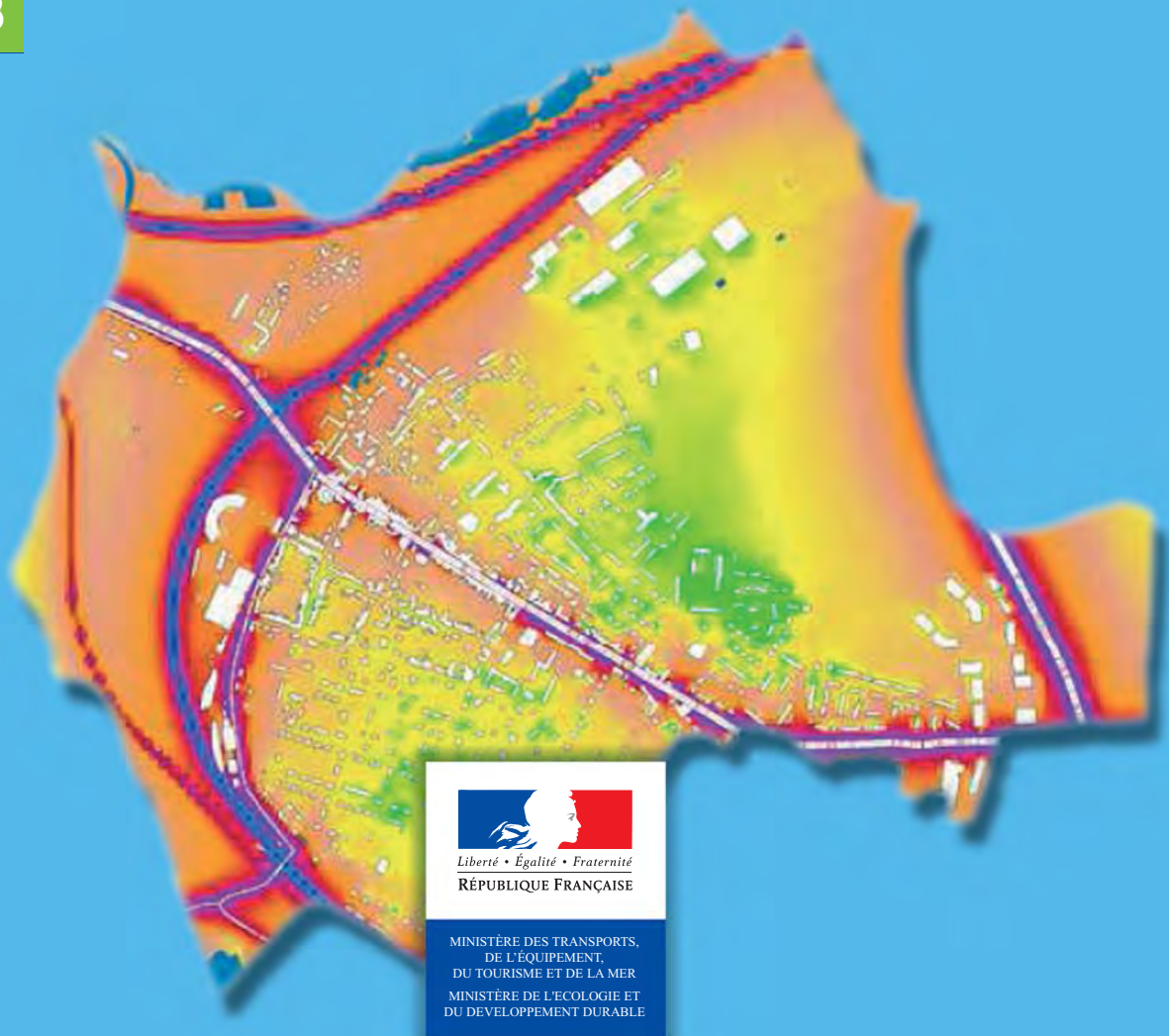


Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération

Mettre en œuvre la directive 2002/49/CE



MINISTÈRE DES TRANSPORTS,
DE L'ÉQUIPEMENT,
DU TOURISME ET DE LA MER
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération

Mettre en œuvre la directive 2002/49/CE

Certu

9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon - France

Collection Références

Ce guide est édité dans la collection Références rassemblant guides techniques, ouvrages méthodologiques et autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir.

Le Certu publie aussi les collections : Débats, Dossiers, Rapports d'étude, Enquêtes et analyses.
Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>

Remerciements

Le groupe de travail chargé de la rédaction de ce guide méthodologique a été piloté par Nathalie FÜRST et Jérôme SAURAT, chargés d'études au Certu.

Les coordonnateurs du groupe de travail remercient particulièrement les personnes suivantes pour leurs contributions à la conception et à l'écriture des différents chapitres de ce guide :

- Catherine LAMOUREUX-KHUN (LRPC de Strasbourg),
- Bernard MIEGE (Cete de Lyon),
- Jérôme DEFRANCE (CSTB),
- Laurent DROIN (Acouphen Environnement),
- Anne GUERRERO (RFF),
- Pascal BELINGARD et Cora CREMEZI de la SNCF,
- Emmanuel THIBIER (Adème),
- François WATRIN et Aude MALIGE du Stac,
- Michèle CORFDIR (Dreif).

Les auteurs remercient également la Mission bruit du ministère de l'Écologie et du Développement durable, Didier CATTENOZ et Jérôme LARIVE, pour leur participation à la rédaction du guide, qui a enfin bénéficié des conseils avisés des personnes en charge des problématiques du bruit dans les collectivités suivantes : Strasbourg (CUS), Grand-Nancy, ville de Nancy, Nantes métropole, Lyon (Acoucité).

Préface

Réaliser des cartes du bruit : une approche destinée à éviter, prévenir ou réduire les effets de l'exposition au bruit dans l'environnement

Les nuisances sonores sont, de nos jours, l'une des principales causes de la dégradation de notre cadre de vie en milieu urbain ou au voisinage des grandes infrastructures de transport.

Pourtant, cette pollution n'est pas toujours convenablement prise en compte et traitée.

Ce constat a conduit la Commission Européenne à doter les États membres d'un cadre harmonisé : la directive 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement qui prévoit l'élaboration de cartes de bruit et de plans de prévention du bruit dans l'environnement.

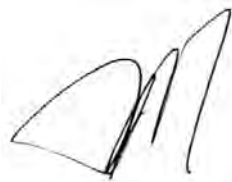
Cette directive a récemment été transposée en droit français.

Les articles L 572-1 à L 572-11 du Code l'Environnement définissent notamment les autorités chargées de sa mise en oeuvre. Trois textes réglementaires complètent ce dispositif et précisent en particulier les modalités pratiques d'élaboration de ces cartes et de ces plans.

Pour répondre aux attentes des collectivités chargées d'élaborer les cartes, le ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a commandé au CERTU un guide méthodologique.

La Présidente du Conseil national du Bruit et moi-même nous félicitons de la qualité de ce document, mis en ligne sur Internet depuis le mois de juillet 2006 et qui fait l'objet de la présente édition.

Nous souhaitons qu'il permette aux collectivités locales de réaliser, dans les meilleures conditions, les cartes de bruit destinées à l'information de nos concitoyens en ce qui concerne la qualité de leur environnement sonore et l'élaboration des plans de prévention correspondants.



Nelly OLIN
Ministre de l'Ecologie
et du Développement
Durable



Marcelle RAMONET
Présidente du Conseil
National du Bruit
Députée du Finistère

Sommaire

■ Introduction	6
PREMIER CHAPITRE	
■ Contexte et cadre réglementaire	8
DEUXIÈME CHAPITRE	
■ Quelles cartes pour quels usages ?	20
TROISIÈME CHAPITRE	
■ Démarche générale de production des cartes de bruit stratégiques	30
QUATRIÈME CHAPITRE	
■ Expériences intéressantes	46
CINQUIÈME CHAPITRE	
■ Données d'entrée nécessaires et pertinentes	58
SIXIÈME CHAPITRE	
■ Méthode de production des cartes de bruit stratégiques	96
■ Lexique des abréviations	111
■ Éléments bibliographiques	113
■ Table des matières	115

Introduction

Le bruit généré par les transports et les activités, notamment industrielles, est l'un des principaux enjeux environnementaux en Europe et les plaintes formulées à ce sujet sont toujours plus nombreuses. On estime qu'environ 20% de la population en Europe, soit environ 80 millions de personnes, souffrent de niveaux de bruit jugés inacceptables par les scientifiques et les experts de la santé.

Le bruit peut constituer une réelle atteinte à la santé. Pour l'Organisation mondiale de la santé notamment, les effets du bruit ne se limitent pas à la perturbation des communications ou à une dégradation de l'acuité auditive. Ils peuvent aller jusqu'à la perturbation du sommeil, l'hypertension artérielle, la réduction du champ de vision, et l'irritation nerveuse occasionnant fatigue et dépression.

En outre, 170 millions de personnes environ vivent dans des zones où le bruit, moins intense, atteint toutefois des niveaux sérieusement perturbateurs. Le coût externe environnemental de l'exposition au bruit des transports s'élevait, en 2000, à près de 45 milliards d'euros, soit 7% de l'ensemble des coûts externes environnementaux des transports (hors congestion). 95% des coûts externes dus au bruit sont imputables aux transports routier (80%) et aérien (15%).

Ces constatations ont conduit l'ensemble des pays de l'Union européenne à fonder une politique commune en matière de bruit dans l'environnement, laquelle a conduit à l'adoption de la directive n°2002/49/CE du 25 juin 2002. Dans certains pays, ces dispositions constituent les premiers pas en matière de lutte contre le bruit. En France, où ces prises de conscience sont un peu plus anciennes, une tradition de lutte contre le bruit est déjà bien installée et la directive donne l'occasion de la compléter.

Auparavant, il convient de rappeler que dans notre pays, les pratiques professionnelles correspondantes

se sont constituées progressivement au cours de ces trente dernières années, au fil de quelques grandes étapes législatives, réglementaires et politiques ; parmi lesquelles les renforcements successifs des conditions d'homologation des véhicules et matériels bruyants avant mise sur le marché, ou encore les dispositions préventives introduites par la loi Bruit du 31 décembre 1992, permettant de mieux tenir compte du bruit dans les futurs aménagements ou constructions.

Si ces mesures ambitieuses permettent de préserver l'avenir, elles ne répondent toutefois pas complètement aux insatisfactions déjà présentes sur le territoire, compte tenu de l'ampleur des aménagements existants et des évolutions parfois contradictoires de la société : les attentes environnementales de la société civile s'affirment de plus en plus fortement et dans le même temps les besoins en terme de déplacement ne cessent de s'accroître. Pour tenter de pallier ces difficultés, les gouvernements ont donc été amenés à se doter d'une politique de résorption des points noirs du bruit, politique récemment réaffirmée par le Plan national d'action contre le bruit, présenté le 6 octobre 2003.

La mise en œuvre de la directive européenne récemment transposée devrait permettre de renforcer et d'étendre ces dispositifs. La première phase consiste à cartographier l'exposition au bruit afin d'en informer le public avant de fonder les prochaines actions à mener. Sa déclinaison à travers l'organisation décentralisée des pouvoirs publics devrait permettre aux différentes autorités concernées de se doter des outils les plus appropriés, en les adaptant à la fois à leurs territoires et à leurs moyens, afin de répondre au mieux aux attentes de la population.

Ce dispositif confère donc de **nouvelles prérogatives aux collectivités locales, en particulier dans les grandes agglomérations urbaines**. Afin de faciliter leur émergence dans des délais fixés,

le ministère de l'Écologie et du Développement durable (Mission bruit) a confié au Certu la rédaction d'un **Guide pour l'élaboration des cartes de bruit, première phase de mise en œuvre du dispositif**. Ce guide a été rédigé par un groupe d'experts français appartenant à des organismes publics ou privés et représentant les différents domaines de compétences à mettre en œuvre. Il a fait l'objet d'une consultation auprès de plusieurs collectivités pour s'assurer de l'adéquation aux besoins.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la préparation d'une boîte à outils destinée à répondre aux principales attentes techniques des collectivités dans ce cadre. Ce premier ouvrage, en ligne sur les sites Internet www.bruit.fr et www.certu.fr, sera complété par d'autres volets, dont un guide pour l'élaboration des plans de prévention du bruit dans l'environnement.

Le présent guide suit de quelques mois la publication d'un autre document par les services de la Commission européenne, rédigé par un groupe d'experts européens¹. Complémentaire de ce dernier, il en diffère toutefois sur certains points pour mieux prendre en compte les spécificités françaises.

La première partie du guide traite des enjeux et de l'organisation à mettre en place (chapitres 1 à 4). La seconde partie traite, quant à elle, des aspects techniques de la cartographie du bruit (chapitres 5 à 7), elle est donc plutôt destinée aux services techniques en charge de l'élaboration d'une carte de bruit.

Avertissement : les informations contenues dans ce guide ne sont en aucun cas opposables, elles ne se substituent pas aux dispositions prévues dans les textes réglementaires de référence.

*Good practice guide
for noise mapping and the
production of associated
data on noise exposure
(WG-AEN) : après
une version intermédiaire
publiée en 2003, la version
finale a été publiée en
janvier 2006 et sa traduction
en français a été mise à
disposition par les services
de la Commission
européenne le 15 mai 2006.*

P R E M I E R C H A P I T R E

Contexte et cadre réglementaire

1.1 La politique européenne

1.1.1 Historique

Pendant plus de 20 ans, la Communauté européenne s'est attachée à fixer les niveaux de bruit maximum ainsi que les procédures de certification concernant les véhicules, les avions et les machines dans le cadre du marché unique.

Les progrès techniques ont permis de réduire significativement le bruit émis par les différentes sources concernées. Durant les années 70, le bruit des voitures a ainsi été réduit de 85% tandis que l'empreinte sonore des aéroports était divisée par 9. Quant aux trains, leur niveau sonore a été abaissé de 10 dBA entre un TGV PSE et un Duplex.

Pourtant, aucune baisse significative de l'exposition au bruit n'a pu être constatée en raison de l'augmentation du trafic, de son étalement dans le temps et dans l'espace et du développement des loisirs et du tourisme.

Il est devenu évident que de nouvelles mesures devaient être définies et mises en œuvre.

En 1993, le cinquième programme d'action en matière d'environnement a fixé, pour 2000, certains objectifs à atteindre en matière d'exposition au bruit et a annoncé l'élaboration d'un programme de lutte de bruit qui devait permettre de les atteindre. Le *Livre vert* est la première étape dans l'élaboration de ce programme.

Dans son *Livre vert* du 4 novembre 1996, la Commission fait le constat suivant : d'une part les données concernant l'exposition au bruit sont moins nombreuses et moins précises que celles relatives aux autres formes de pollution, d'autre part les mesures en vigueur et les données en la matière sont disparates.

Elle préconise donc une approche globale associant partenaires locaux et nationaux et visant à :

- l'instauration d'un véritable partage de responsabilités ;
- la définition d'objectifs à atteindre ;
- le renforcement de la cohérence des actions, des coopérations ;
- la mise en place d'un suivi des progrès accomplis ;
- le développement des méthodes de contrôle des nuisances sonores.

La politique proposée s'articule selon deux axes d'intervention :

- Mise en place d'une politique générale de lutte contre le bruit comprenant :
 - l'harmonisation des méthodes d'évaluation de l'exposition au bruit ;
 - la création d'un indice d'exposition au bruit commun à l'ensemble des Etats membres ;
 - la limitation de la transmission du bruit (par l'isolation des bâtiments) ;
 - le développement de l'échange d'informations et des expériences entre les États membres sur l'exposition aux nuisances sonores (campagnes de sensibilisation aux problèmes d'environnement) ;
 - le renforcement de la cohérence des programmes de recherche sur le bruit.
- Poursuite de la réduction des émissions à la source.

1.1.2 La directive 2002/49/CE

Le 10 juin 1997, le Parlement européen a approuvé les orientations proposées par le Livre vert et a demandé l'élaboration d'un texte cadre.

La directive 2002/49/CE a ainsi été adoptée le 25 juin 2002 après de longues négociations. Elle prévoit la mise en place d'un dispositif d'évaluation et de gestion du bruit dans les grandes agglomérations et à proximité des grandes infrastructures de transports sur la base des principes suivants :

- évaluation de l'exposition au bruit des populations, basée sur des méthodes communes aux pays européens ;

- information des populations sur le niveau d'exposition et sur les effets du bruit sur la santé ;
- mise en œuvre de politiques visant à réduire le niveau d'exposition et à préserver des zones de calme.

Cette directive constitue un pas décisif vers le renforcement du dispositif réglementaire existant et vers l'harmonisation européenne des politiques de gestion du bruit dans l'environnement. Elle s'inscrit au cœur du dispositif européen de lutte contre le bruit.

1.1.2.1 Sixième programme d'action communautaire pour l'environnement du 22 juillet 2002

Il fixe l'objectif de « *réduire sensiblement le nombre de personnes soumises de manière régulière et durable à des niveaux de bruit moyens élevés, provoqués notamment par la circulation, qui, selon les études scientifiques réalisées, ont des effets néfastes sur la santé humaine et préparer la prochaine étape des travaux sur la directive sur le bruit dans l'environnement* ».

Deux types d'actions sont prévues à cet effet :

- compléter et améliorer les dispositions prises en matière d'émissions sonores provenant des services, des produits et des véhicules ;
- élaborer de nouveaux instruments tels la réduction de la demande de transports, le recours à des modes de transport moins bruyants, la promotion de mesures techniques et la planification durable des transports.

1.1.2.2 Recherche

Toute mesure législative sur les sources de bruit doit reposer sur des éléments probants découlant d'une approche fondée sur la connaissance. Le soutien à la recherche et au développement est donc un composant essentiel de l'action de la Commission. Elle a lancé le réseau thématique « Calm » (Community noise research strategy plan – www.calm-network.com) dont le but est d'identifier

les liens et les écarts entre les actuelles technologies de réduction du bruit et les futures mesures législatives et futurs objectifs de réduction. Les projets en cours portent sur le développement de méthodologies et d'outils pour la réduction du bruit à la source, l'évaluation des incidences de l'exposition au bruit pour les populations et le calcul des coûts externes connexes des transports.

1.1.3 Actions d'accompagnement de la directive 2002/49/CE

Les textes imposant des exigences nouvelles et faisant appel à de nouvelles pratiques nécessitent d'être accompagnés de diverses actions de soutien.

Les actions d'accompagnement européennes s'appuient sur le **Réseau expert de bruit de l'Union européenne**.

En 1998, à l'occasion de la conférence de Copenhague, la Commission européenne a créé un réseau expert de bruit dont la mission était de fournir l'aide au développement de la politique européenne du bruit. Un groupe de direction pour le bruit a été établi, comportant des représentants de tous les dépositaires intéressés - États membres, autorités locales, industrie, ONG.

Des groupes de travail spécialisés ont également été créés. Ils ont livré plusieurs documents de prises de position, énumérés ci-dessous, en vue d'aider la Commission à développer sa politique et soutenir les États membres concernant son exécution.

Actuellement, le groupe de travail « Évaluation de l'exposition au bruit » et le groupe de travail sur le bruit des aéroports sont encore en activité.

Les documents de prise de position des groupes de travail livrés jusqu'ici sont :

- prise de position sur l'émission de bruit des deux-roues motorisés ;
- prise de position sur les indicateurs environnementaux de bruit d'EU ;
- prise de position sur les relations dose/effet à employer pour l'évaluation du nombre

- de personnes gênées par le bruit des transports (rail, route et air) ;
- prise de position sur les rapports dose/effet pour le bruit de nuit ;
- prise de position sur les stratégies et les priorités européennes pour la réduction du bruit ferroviaire présentée aux dépositaires concernés, lors d'un atelier tenu par les services de la Commission, le 29 octobre 2003 à Bruxelles ;
- prise de position sur l'évaluation de bruit ;
- feuille de travail sur l'efficacité des mesures contre le bruit ;
- première prise de position : guide de bonnes pratiques cartographie du bruit - 2003 ;
- deuxième prise de position : guide de bonnes pratiques cartographie du bruit - 2006.

Deux sites Internet donnent de nombreuses et utiles informations :

<http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/noisedir/library>

<http://europa.eu.int/comm/environment/noise/home.htm>

1.1.4 Les conséquences de la directive en matière de cartographie

Il est intéressant d'aborder le contenu de la directive à proprement parler pour les éclairages contextuels qui peuvent être apportés ; on retiendra cependant que le droit national prévaut.

En termes de cartographie du bruit, la directive impose l'élaboration de cartes de bruit stratégiques, définies (art.3) comme des « *cartes conçues pour permettre l'évaluation globale de l'exposition au bruit dans une zone donnée soumise à différentes sources de bruit ou pour établir des prévisions générales pour cette zone* ».

Ces cartes doivent répondre aux trois objectifs visés par la directive, rappelés en introduction, en permettant :

- de fournir des données sur l'exposition des populations, à destination de la Commission ;
 - d'informer le public ;
 - de servir de base à l'établissement de plans d'action.
- Compte tenu de ces finalités et de leurs destinataires distincts, différents types de cartes doivent être réalisées (cf. annexe IV point de la directive 4).

Toutes cependant sont établies (art.5), soit directement en indicateurs Lden et Ln, soit à partir d'une conversion en Lden et Ln des indicateurs nationaux, évalués à partir de données datant de moins de 3 ans.

1.1.4.1 Production de données à destination de la Commission

Les annexes IV et VI de la directive européenne indiquent quelles sont les prescriptions minimales pour la cartographie de bruit stratégique et les données à transmettre à la Commission.

Pour les agglomérations

Des données produites séparément pour les routes, les voies ferrées, les aéroports et les ICPE soumises à autorisation, y compris les ports, sur :

1. le nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées dans les plages de valeurs 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 et 75 dB(A) pour l'indicateur Lden évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré dont la part due aux grandes infrastructures ;
2. le nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées dans les plages de valeurs 50-54, 55-59, 60-64, 65-69 et 70 dB(A) pour l'indicateur Ln évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré dont la part due aux grandes infrastructures ;
3. si les cartes correspondent à une représentation graphique, les courbes d'isovaleurs 60, 65, 70 et 75 doivent figurer.

Ces données peuvent se présenter sous forme de tableaux ou de graphiques.

Si les données sont disponibles, on pourra indiquer aussi pour chaque plage d'indicateurs :

- le nombre de personnes exposées dans des habitations isolées spécialement contre le bruit ;
- le nombre de personnes exposées dans des habitations ayant une façade calme.

Pour les grandes infrastructures de transports

Des données produites séparément pour chaque infrastructure :

1. le nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées dans les plages de valeurs 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 et 75 dB(A) pour l'indicateur Lden évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré ;
2. le nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées dans les plages de valeurs 50-54, 55-59, 60-64, 65-69 et 70 dB(A) pour l'indicateur Ln évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré ;
3. la superficie totale, en km², exposée à des valeurs de Lden supérieures à 55, 65 et 75 dB(A),
4. la représentation graphique des courbes d'isovaleurs 55 et 65 dB(A).

Pour les grandes infrastructures de transport une représentation graphique est obligatoire.

Il est important de préciser ici que ces cartes ne sont pas les seuls documents à produire, un résumé non technique ainsi que l'exposé sommaire de la méthodologie employée sont aussi à établir et à joindre aux cartes.

En conclusion, les documents à fournir sont donc, outre ceux à adresser à la Commission, une représentation graphique et des cartes montrant le dépassement de valeurs limites, des comparaisons des situations existantes et futures et des valeurs d'indicateur de bruit. Les cartes pourront donc représenter :

- les valeurs des indicateurs de bruit Lden et Ln séparément ou non, en situation actuelle et pour des situations futures ;
- les dépassements de valeurs limites en Lden et Ln séparément ou non, en situation actuelle et pour des situations futures.

1.1.4.2 Production de cartes stratégiques pour l'information du public et l'établissement des plans d'action

L'annexe IV de la directive européenne reste assez vague sur les exigences relatives aux cartes de bruit stratégiques produites pour ces objectifs.

Elle indique notamment, au point 2, que les cartes peuvent être présentées au public sous trois formes : graphiques, données numériques organisées en tableaux ou données numériques sous forme électronique. Dans le même temps, le point 6 précise que pour l'information du public les cartes de bruit stratégiques doivent présenter des informations supplémentaires telles que :

- une forme graphique ;
- des cartes montrant le dépassement de valeurs limites ;
- des cartes montrant des comparaisons de situations existantes et futures ;
- des cartes montrant des valeurs d'indicateur de bruit, le cas échéant à une hauteur autre que 4 mètres.

1.2 Le cadre législatif et réglementaire de la transposition

Une directive est un acte juridique communautaire adopté par le Conseil de l'Union européenne seul ou avec le Parlement selon les cas. Elle lie les États destinataires de la directive quant à l'objectif à atteindre, mais leur laisse le choix des moyens et de la forme pour atteindre cet objectif dans les délais fixés par elle. Les États membres doivent donc transposer la directive dans leur droit national. Lorsqu'un État membre dépasse le délai de transposition prévu, le texte européen est applicable dès lors qu'il est suffisamment clair. Toutefois, à partir du moment où un texte européen est transposé dans le droit national, c'est ce dernier qui s'applique juridiquement.

En France, la transposition s'est traduite par la création du chapitre II du titre VII « Prévention des nuisances sonores » du code de l'environnement (articles L.572-1 à L.572-11). Engagée par ordonnance en 2004 (ratifiée en 2005), cette transposition s'est achevée avec la parution du **décret n°2006-361 du 24 mars 2006 et de l'arrêté correspondant en date du 4 avril 2006**. Par ailleurs, la liste des aéroports devant faire l'objet d'une carte de bruit particulière au titre des grandes infrastructures a été publiée par un arrêté spécifique, en date du 3 avril 2006.

Il apparaît utile d'expliciter quelques points des trois textes signalés en gras.

1.2.1 Les articles L.572-1 à L.572-11 du code de l'environnement

La loi définit **les cartes de bruit** comme devant permettre l'évaluation globale de l'exposition au bruit et les prévisions de son évolution.

■ Principales bases législatives du dispositif

La partie législative de la transposition a conduit à introduire un nouveau chapitre au code de l'environnement. Celui-ci pose les bases du dispositif en organisant la répartition des compétences entre l'État et les collectivités pour sa mise en œuvre (art. L. 572-4 et L.572-7).

Ce cadre définit ainsi :

- les principes d'évaluation et de gestion du bruit dans l'environnement (art. L.572-1) ;
- leurs principaux outils : en France, on parlera de cartes de bruit (objet du présent guide) et de plans de prévention du bruit dans l'environnement [PPBE] (art. L.572-2, L.572-3 et L.572-6) ;
- leur champ d'application, qui se décompose en 2 principales lignes directrices : les grandes infrastructures de transports d'une part (dont les seuils sont précisés par décret), les grandes agglomérations d'autre part (art. L.572-2) ;
- les principes d'information du public (cartes de bruit), de consultation publique (PPBE) et de réexamen périodique (quinquennal), auxquels ils sont soumis (art. L.572-5 et L.572-8) ;
- les échéances de mise en œuvre de chacune des phases, fixées en cohérence avec celles prévues par la directive (art. L.572-9) ;
- ainsi que le principe des transmissions à l'État pour l'information européenne (art. L.572-10).

Enfin, le code de l'environnement annonce le décret destiné à en préciser certaines conditions d'application (texte commenté au §1.2.2).



L'article L572-4 du code de l'environnement prévoit que les autorités ou organismes gestionnaires des infrastructures de transports transmettent aux autorités compétentes les éléments nécessaires à l'établissement des cartes de bruit. Il s'agit essentiellement de transmettre les éléments en possession du gestionnaire.



Le code de l'environnement introduit la notion de zones calmes comme des espaces extérieurs remarquables par leur faible exposition au bruit, et dont l'autorité en charge du PPBE souhaite maîtriser l'évolution compte tenu des activités humaines pratiquées ou prévues. Il convient de retenir que les zones calmes ne sont a priori pas déterminées par un ou plusieurs critères globaux lors de l'élaboration des cartes ; elles résultent d'une volonté politique de protéger quelques espaces remarquables.

■ Autres références législatives

En ce qui concerne les grandes infrastructures aéroportuaires, les bases législatives restent celles des plans d'exposition au bruit (PEB), régies par les articles L.147-1 à L.147-8 du code de l'urbanisme, sous réserve de quelques adaptations introduites au niveau réglementaire (cf. art. 8 et 9 du décret n°2006-361 du 24 mars 2006, qui ont également fait l'objet d'un arrêté d'application en date du 3 avril 2006, listant les aéroports concernés).

1.2.2 Décret n°2006-361 du 24 mars 2006

Ce décret relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement et modifiant le code de l'urbanisme, précise les diverses notions introduites au niveau législatif. L'objectif de ce paragraphe est d'apporter un éclairage sur quelques articles nous paraissant les plus importants.

■ Article 1

Cet article présente les sources sonores à prendre en compte pour l'évaluation et la prévention des nuisances sonores qu'elles engendrent. Toutefois, il est envisageable de présenter des cartes de bruit reprenant des sources sonores d'autres origines (par exemple maritimes, fluviales ou activités bruyantes hors ICPE...) si le contexte le recommande. À noter que les bruits d'origine militaire ne sont pas pris en compte pour l'élaboration des cartes de bruit.



Doivent apparaître toutes les infrastructures bruyantes inter-agissant sur l'agglomération, même si n'appartenant pas à cette agglomération.

■ Article 2

Cet article reprend les caractéristiques des infrastructures et des agglomérations concernées par la production d'une carte de bruit et d'un plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) :

1. pour chacune des infrastructures routières et autoroutières dont le trafic annuel est supérieur à 3 millions de véhicules (soit un TMJA de 8220 véhicules/jour) ;
2. pour chacune des infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 30 000 passages de trains (soit un TMJA de 82 trains/jour) ;
3. pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

La question des grands aéroports est traitée à l'article 8 du décret portant modification du code de l'urbanisme (création de l'article R-147-5-1).



En agglomération, **toutes** les infrastructures (routières, ferroviaires, aéroportuaires) doivent être cartographiées, sans seuil de trafic.

■ Article 3

Point I :

Cet article commence par préciser les indicateurs à prendre au moins en compte pour l'établissement des cartes. Rien n'empêche donc une autorité compétente d'établir en sus une carte suivant un indicateur qui lui paraît être représentatif d'une situation particulière.



Il convient d'être très prudent lors de l'établissement de ces cartes car elles nécessitent d'une part l'emploi de données d'entrée précises et d'autre part de maîtriser leur utilisation.

Point II :

Le terme « carte de bruit » comme précisé dans les points 1, 2 et 3 est un terme générique qui englobe :

- des documents graphiques ;
- des données sous forme de tableaux ;
- un résumé sous forme de texte.

Pour les documents graphiques, il n'y a pas d'obligation à représenter sur une même carte les quatre éléments suivants :

a) les zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones indiquant la localisation des émissions de bruit énumérées à l'article 1er ;

b) les secteurs affectés par le bruit arrêtés par le préfet en application du 1o de l'article 5 du décret no 95-21 du 9 janvier 1995.

Cela concerne les secteurs définis en fonction du classement sonore des voies.

c) Les zones où les valeurs limites mentionnées à l'article L. 572-6 du code de l'environnement sont dépassées.

Ces valeurs limites sont précisées dans l'article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006.

d) Les évolutions du niveau de bruit connues ou prévisibles au regard de la situation de référence.

Voir précisions apportées à l'article 3 de l'arrêté.

Les **bâtiments d'habitation** regrouperont, sans distinction, les résidences principales, secondaires ainsi que les logements vacants. Il n'est pas demandé d'estimer les populations dans les établissements d'enseignement et de santé.

Par ailleurs, les textes de transposition français demandent aussi le décompte du nombre d'établissements d'enseignement et de santé.

Point III :

Pour les agglomérations concernées, les documents graphiques représentent non seulement le bruit dans l'environnement d'une manière générale mais aussi une distinction des différentes sources de bruit, au nombre minimum de quatre : trafics routier, ferroviaire et aérien ainsi que les ICPE soumises à autorisation.

■ Article 4

Les autorités compétentes devant arrêter et publier les cartes de bruit sont :

- pour les infrastructures routières et ferroviaires visées à l'art.2 : le représentant de l'État dans le département, soit le préfet ;
- pour les agglomérations visées à l'art.2 : les conseils municipaux des communes appartenant à ces agglomérations ou les organes délibérant des EPCI compétents en matière de « lutte contre les nuisances sonores ».

Concernant les cartes de bruit, à l'exception de l'exigence d'informer la population, les textes ne créent pas de droit. Elles sont non-opposables bien qu'arrêtées.

Communes : si une commune de l'agglomération ne fait pas partie d'un EPCI, elle peut demander à celui-ci de réaliser sa carte. Une convention locale peut être passée afin de sceller ce partenariat.



La commune ou l'EPCI restent responsables de l'arrêt de la carte et de sa publication, même s'ils ont confié sa réalisation à un autre organisme.

EPCI : il n'est pas attendu qu'un EPCI n'ayant pas la compétence « lutte contre les nuisances sonores » réalise une carte de bruit, cette responsabilité incombant alors individuellement à chaque commune. Il peut néanmoins produire ou aider à produire les cartes de bruit pour le compte de ces communes suivant des modalités dont ils conviennent ensemble.

L'EPCI peut toujours obtenir le transfert de la compétence « lutte contre les nuisances sonores » et devenir responsable de l'élaboration des cartes.

L'EPCI compétent informe les communes qui en font partie de l'établissement des cartes de bruit.

Grandes infrastructures traversant une agglomération : lorsque de grandes infrastructures de transports traversent une agglomération, deux autorités compétentes sont donc concernées, l'une au titre des grandes infrastructures, l'autre au titre de l'agglomération. Chacune de ces autorités établit une carte de bruit sans forcément utiliser les mêmes échéances de publication, les mêmes échelles de territoires ou les mêmes outils.

On rappellera que les autorités ou organismes gestionnaires de ces infrastructures doivent transmettre aux autorités compétentes des agglomérations les éléments nécessaires à l'établissement des cartes de bruit (II de l'article L572-4 chapitre II du titre VII du livre V du code de l'environnement).

■ Articles 5, 6 et 7

Ces articles traitent plus spécifiquement des PPBE qui ne sont pas abordés dans ce guide.

■ Article 8

Cet article précise la prise en compte des aéroports présentant un trafic annuel supérieur à 50 000 mouvements par an. On rappellera qu'en agglomération, tous les aéroports (sans distinction de seuils) doivent être pris en compte.

De plus, à l'image d'autres sources de bruit, lorsque l'aéroport se trouve hors agglomération mais que l'agglomération est néanmoins impactée par les nuisances aériennes, l'empreinte sonore de l'aéroport doit figurer sur la carte de bruit de l'agglomération.

Pour cela, les données sont à fournir :

- par l'État s'il s'agit d'un grand aéroport ;
- et pour les aérodromes de moins de 50 000 mouvements par an :
 - par les autorités compétentes de l'aviation civile, s'il existe un PEB approuvé ;
 - sinon,
 - par les autorités compétentes de l'aviation civile, pour l'année N-1,
 - par le propriétaire de l'aérodrome, pour l'horizon futur.

1.2.3 Arrêté du 4 avril 2006

■ Article 1

Cet article précise comment se réalise l'évaluation des niveaux de bruit en façade des bâtiments. Cette évaluation ne concerne pas la production des courbes isophones mais seulement le décompte des populations touchées.

L'évaluation à la hauteur de 4 mètres visée dans l'article est obligatoire. Elle peut cependant ne pas être unique et être complétée pour d'autres hauteurs, notamment dans l'optique des PPBE, et ce afin d'en évaluer plus finement les effets.



Dans les zones où les bâtiments individuels sont nombreux, et quelques fois de hauteur inférieure à 4 mètres, il est conseillé de prendre au moins 4 m comme valeur de hauteur forfaitaire du bâtiment. Ceci permet de ne pas sous-évaluer la population résidente.

■ Article 2

La méthode de calcul de bruit pour le ferroviaire est la norme française XP S 31-133 ; elle a été préférée

à la méthode RMR des Pays-Bas signalée dans la directive européenne.

Bien que facultatives au niveau des textes, les mesures doivent venir en appui des calculs notamment pour le calage de l'émission (voir chap. 3, 5 et 6).

Une carte uniquement basée sur de la mesure apparaît difficilement réalisable.

■ Article 3

Point II :

Le document visé dans ce point est celui portant sur les « zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones indiquant la localisation des émissions de bruit ».

Dans un milieu urbain forcément complexe où les sources se superposent, empiler les cartes produites pour chaque source ne suffit pas à rendre compte de l'effet réellement ressenti par la population.

De plus, de nombreuses études françaises et européennes basées sur des enquêtes de gêne montrent qu'une carte présentant une simple sommation des énergies produites par chacune des sources, comme le fait un sonomètre, n'est pas forcément pertinente en terme de gêne.

La carte de superposition des sources sonores en différents points aide à avoir une vision globale et comparative des impacts des sources de bruit (utile pour les PPBE). Elle pourra se traduire par une sommation énergétique notamment sur les secteurs multiexposés. L'utilisation de ces cartes devra rester prudente.

Point III :

La « modification planifiée » d'une source de bruit va au-delà des projets d'infrastructures et concerne tous les changements planifiés (c'est-à-dire entérinés par un acte public et une autorité gestionnaire quelle qu'elle soit) et susceptibles d'induire des modifications d'émissions sonores comme par exemple :

- pour le ferroviaire, le remplacement systématique des semelles de freins en fonte sur les trains de marchandises réduisant sensiblement le niveau sonore lors du freinage ;
- à un changement de plan de circulation dans une commune ayant pour conséquence de déplacer les sources de bruit routier ;

- l'intégration d'un nouveau système (ou d'une nouvelle ligne) de transport en commun.

■ Article 4

Pour des questions techniques et de continuité des cartes, les courbes isophones (dont il est question dans le a du II(1er) de l'article 3 du décret) sont tracées en tenant compte de toutes les réflexions sur les bâtiments. En revanche, les valeurs limites des indicateurs de bruit Lden et Ln données dans l'article 7 de l'arrêté, comme précisé dans l'article 1 de l'arrêté, ne prennent pas en compte la dernière réflexion sur la façade du bâtiment, ce qui correspond à une soustraction de 3 dB(A).

Ce distinguo entre courbes isophones et valeurs limites n'est pas pertinent pour la modélisation du bruit des avions (renvoi vers la méthode du document 29 de la CEAC).

Il est bien précisé dans le II de cet article que les courbes isophones correspondant aux valeurs limites 55 dB(A) pour les aéroports, 68 dB(A) pour les routes et LGV, 73 dB(A) pour les voies ferrées conventionnelles, 71 dB(A) pour les industries, pour l'indicateur Lden (voir seuils pour Ln) doivent être tracées. Il est conseillé pour les zones bâties, ce qui est particulièrement le cas en agglomération, de tracer aussi ces isophones en ajoutant 3 dB(A). Ces représentations graphiques deviennent ainsi directement comparables avec les valeurs limites fixées par le décret (cartes de conflit).

Point III :

La situation future à long terme tient compte à la fois des évolutions connues de trafic et des modifications planifiées évoquées au point III de l'article 3.

Point IV :

L'estimation des populations doit se faire dans les zones mentionnées au 1er du II de l'article 3 du décret. Cela correspond donc à 2 des 4 alinéas de ce paragraphe soit :

- 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.

Sachant que le décompte doit se faire dans les zones où les valeurs limites sont dépassées, il ne peut se faire que sur les documents graphiques représentant l'évaluation des niveaux de bruit en façade des bâtiments (voir article 1 de l'arrêté). Ceci est précisé par l'article 5 suivant.

■ Article 5

Point II :

Il est demandé que le préfet procède à un sous-décompte de la population des grandes agglomérations touchée par le bruit des grandes infrastructures. Ces éléments auront vocation à être transmis en même temps que les autres données quantifiées pour éviter un double décompte. On notera donc que ce sous-décompte **n'incombe pas** à l'agglomération.



Le décompte des populations par agglomération doit aussi être fait pour le bruit des transports aériens.

■ Article 6

Point III :

Le choix de l'échelle dépend de l'autorité compétente : si la représentation graphique des grandes infrastructures en agglomération est faite par le préfet, elle sera établie au 1/25 000 au minimum ; si elle est établie par la commune ou l'EPCI compétent, elle sera au 1/10 000 au minimum.

Le pouvoir exécutif a souhaité fixer un minimum pour l'information du public, mais l'autorité compétente pourra décider d'une meilleure précision en fonction de ses besoins.

D E U X I È M E C H A P I T R E

Quelles cartes pour quels usages ?

Au-delà des obligations réglementaires, qui peuvent répondre aussi à des préoccupations des maîtres d'ouvrage et des autorités locales, la réalisation de cartes de bruit stratégiques peut obéir à des besoins locaux ou servir des problématiques transversales.

La première partie de ce chapitre énumérera les usages possibles des cartes de bruit stratégiques et décrira pour chacun d'eux les exigences et nécessités techniques auxquelles devront répondre les documents produits.

Une seconde partie exposera différentes typologies de cartes techniquement réalisables et les avantages et inconvénients de chaque type, vis-à-vis de leur facilité d'élaboration, de leur coût et des usages possibles.

La dernière partie proposera une synthèse des types de cartes pouvant être mises en œuvre, en fonction des besoins exprimés et des usages que l'on prévoit d'en faire.

2.1 Pourquoi réaliser des cartes de bruit stratégiques ?

Avant de se lancer dans la réalisation de cartes de bruit stratégiques, il convient de se demander pourquoi on le fait. Car au-delà de l'obligation réglementaire rendant incontournable leur mise en œuvre, les autorités locales en charge de la réalisation de ces cartes peuvent trouver un intérêt propre à se doter de tels outils. De nombreux usages possibles des cartes sont en effet envisageables.

2.1.1 Communiquer avec le public

L'un des objectifs premiers de ces cartes, clairement visé dans la directive, est d'informer le public de l'exposition au bruit de la population. Pour cet usage, la directive impose la réalisation de cartes sous forme graphique et donne à titre indicatif des exemples de contenu : cartes de dépassement des valeurs limites, cartes de comparaison état actuel / état futur, cartes à des hauteurs différentes de 4 mètres.

Les questions à se poser concernent : le type de carte que l'on souhaite afficher, le support, l'échelle, la représentation des données (détaillée, globalisée), le mode de mise à disposition et de diffusion envisagée. En vue d'une diffusion à destination du public, il est notamment important de prévoir des éléments qualitatifs de repérage (bâtiments publics, nom des rues, places...).

Porter à la connaissance du public les cartes de bruit stratégiques est un argument de prise en compte de l'environnement pour les collectivités, qui prouvent ainsi leur volonté de transparence et d'information. En contrepartie, il est important d'avoir à l'esprit que l'affichage de ces cartes peut faire naître des situations de conflit ou des plaintes jusqu'alors inexistantes, les cartes servant de révélateur dans la prise de conscience d'un environnement sonore bruyant. Même si on ne ressent pas de gêne à cause du bruit, on peut avoir une réaction d'injustice à se rendre compte que l'on habite une zone bruyante. Il est donc important, avant de publier ce type de document, d'avoir pensé et choisi avec soin les codes graphiques, les échelles, la nature des données

présentées et d'être prêt à assumer les retours de ces publications et les solutions « terrain » qu'il faudra parfois mettre en œuvre. Une carte inadaptée peut amplifier les conflits en diminuant les perceptions.

2.1.2 Supporter les politiques locales

Outre les objectifs minimaux que doivent viser les plans d'action, les cartes de bruit stratégiques peuvent servir à supporter des politiques locales de lutte contre le bruit. Notamment la limitation de l'augmentation du bruit de façon générale sur le territoire, en maîtrisant le bruit des projets et des aménagements, les démarches globales de gestion des déplacements (dans PDU), les politiques d'aménagements (gestion des zones à construire).

La carte de bruit peut donc se voir comme un outil préventif de lutte contre le bruit au travers de mesures urbanistiques. À ce titre, les cartes du classement sonore représentant les catégories sonores des infrastructures de transports terrestres, mais aussi les secteurs affectés par le bruit peuvent permettre d'orienter les décisions en matière d'aménagement, en vue d'atteindre un objectif précis. De même, les cartes peuvent servir, dans le cadre des plans de déplacements urbains, à cibler les zones prioritaires et à évaluer les impacts acoustiques des mesures prévues.

Enfin, les cartes de bruit peuvent être couplées ou croisées avec des cartes présentant d'autres thématiques pour disposer d'une vision plus large par exemple sur des situations environnementales. Il conviendra alors de construire des indicateurs généraux ou des codes graphiques permettant la comparaison ou le croisement de données associées à différents domaines.

Il y a plusieurs avantages pour une collectivité à disposer de cartes :

- état des lieux servant de base pour la planification et la gestion de la circulation / plans de circulation, gestion de l'espace et du développement urbain

- (pour implantation des activités et des constructions), prise de conscience de l'environnement sonore par les politiques même sans connaissance acoustique, visualisation des zones sensibles / exposées ;
- éléments graphiques des plans locaux d'urbanisme, base pour l'instruction des permis de construire ;
 - traitements des plaintes ;
 - sensibilisation de la population ;
 - choix des secteurs d'implantation des activités bruyantes ;
 - choix des secteurs d'implantation d'activités sensibles au bruit.

2.1.3 Décider d'actions de lutte contre le bruit

Les cartes de bruit stratégiques doivent aussi servir de base pour l'élaboration des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE). Pour les grandes agglomérations visées par la directive, les objectifs principaux de ces plans sont d'une part la réduction du bruit dans les zones où il est jugé trop important, et d'autre part la limitation de son augmentation dans les zones où l'ambiance sonore est jugée satisfaisante. Des représentations graphiques produites en vue de cet usage devront donc indiquer au minimum les zones à traiter et en particulier les zones de forte exposition ainsi que les zones calmes.

Même si ce type d'information ne constitue pas le résultat final, l'identification de ces zones est nécessaire comme étape intermédiaire. Elle concerne l'identification des zones où le dépassement de valeurs limites, la nature plus ou moins sensible en fonction de l'occupation et de l'usage de l'espace, font de ces zones des zones à traiter.

La mise en place de plans d'action nécessite bien souvent de **hiérarchiser** les actions que l'on envisage de mener. Les cartes devront alors indiquer non seulement les dépassements de valeurs limites mais aussi les paramètres de hiérarchisation : période exposée, population exposée, contribution prépondérante de certaines sources, sensibilité particulière consécutive à l'usage ou à l'occupation de l'espace. Enfin les cartes peuvent aussi permettre de **tester** l'impact de certains plans d'action ou de **comparer** différents scénarios envisagés. Elles devront alors présenter des comparaisons de situations avant/après ou état actuel/état futur.

Plans de prévention du bruit dans l'environnement :

Les cartes de bruit stratégiques doivent servir de base à l'élaboration des plans d'action. Les modalités d'établissement des plans d'action et leur contenu possible en termes de mesures techniques, administratives ou financières de prévention et de réduction du bruit ne sont pas l'objet du présent document.

2.1.4 Contribuer à une base de données européenne

Les données issues de l'évaluation stratégique de l'exposition au bruit des populations sont également destinées à être transmises à la Commission européenne. Les données minimales devant être produites pour cet objectif sont rappelées au chapitre 1. Les données devant être transmises à la Commission sont des données globales d'exposition des populations, pouvant être obtenues par exploitation de données plus détaillées, produites, par exemple à destination du public ou pour l'élaboration des plans d'action.

La forme que devront prendre ces données sera cadrée au niveau européen par la Commission, qui diffusera des fiches de recueil d'informations pour chaque État membre. Elle sera aussi précisée au niveau national, en fonction de l'organisation adoptée pour la remontée jusqu'à ce niveau des informations produites par les autorités compétentes localement. En effet, l'administration centrale est chargée de transmettre l'ensemble des données produites à la Commission européenne.

En conclusion, une carte de bruit n'est pas tant un produit final qu'une procédure à mettre en place. La carte doit être pensée dans une démarche et une organisation globales. Il ne s'agit pas seulement des tâches de recueil de données, d'évaluation d'indicateurs et d'élaboration de documents graphiques, mais aussi de mettre en place une organisation de mise en commun des données, de production pour un usage partagé par d'autres utilisateurs avec d'autres outils, pour d'autres applications.

2.2 Différents types de cartes possibles (différentes possibilités techniques)

Ce chapitre vise à décrire différents types de cartes que l'on sait aujourd'hui réaliser techniquement. Le principe adopté pour leur description consiste à les lister de la représentation la plus sommaire à la plus complexe. On pourra donc toujours produire le type de niveau inférieur à partir du type de niveau supérieur, l'inverse n'étant pas vérifié.

On indique, pour chaque type de cartographie, les avantages et inconvénients principaux identifiés à ce jour.

En pratique, toutes les formes de cartographies présentées permettent de répondre aux exigences de la directive. Elles peuvent en revanche présenter des intérêts variés pour un usage local ou élargi selon leur type ou au contraire des contraintes de production ou de coût qui limitent leur attrait. Il conviendra pour chaque autorité en charge de l'élaboration des cartes de bruit stratégiques d'analyser ses besoins et de choisir les cartes qu'elle souhaite réaliser les plus adaptées à ses exigences et à ses moyens techniques et financiers.

L'objectif de ce chapitre est de décrire les différents types de cartes pouvant être réalisées, chaque type étant assorti d'une description de ses intérêts et limites et de son usage possible. Cela permet d'aboutir à un minimum obligatoire respectant les obligations de la directive et les délais associés.

2.2.1 Affichage d'analyses et de statistiques chiffrées

Ce sont typiquement les tableaux de données, les graphes et les diagrammes. Ce niveau de carte correspond à une représentation synthétique d'éléments produits préalablement de façon détaillée. Dans le cadre de la réalisation des cartes de bruit stratégiques, ces données statistiques devront contenir au minimum les informations suivantes organisées sous forme de tableaux :

- des données produites séparément pour les routes, les voies ferrées, les aéroports et les industries (ICPE soumises à autorisation) y compris les ports ;
- pour l'indicateur Lden évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré, on donnera le **nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées** dans les plages de valeurs [55 ; 60[, [60 ; 65[, [65 ; 70[, [70 ; 75[, [75 ; ...dB(A), le **nombre de bâtiments d'enseignement et de santé** exposés dans ces mêmes plages ;
- pour l'indicateur Ln évalué à une hauteur de 4 mètres sur la façade la plus exposée du bâtiment considéré, on donnera le **nombre estimé de personnes (par centaine) vivant dans des habitations exposées** dans les plages de valeurs [50 ; 55[, [55 ; 60[, [60 ; 65[, [65 ; 70[, [70 ; ...dB(A), le **nombre de bâtiments d'enseignement et de santé** exposés dans ces mêmes plages.

Exemple de représentation minimale devant être produite

Indicateur	Routes		Voies ferrées		Aéroports		Industries	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Lden en dB(A)								
[55 ; 60[
[60 ; 65[
[65 ; 70[
[70 ; 75[
[75 ; ...								

1 = population vivant dans des habitations exposées, estimée à la centaine près

2 = nombre de bâtiments d'enseignement et de santé

Indicateur	Routes		Voies ferrées		Aéroports		Industries	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Ln en dB(A)								
[50 ; 55[
[55 ; 60[
[60 ; 65[
[65 ; 70[
[70 ; ...								

Si les données sont disponibles, ces tableaux pourront être complétés avec des lignes supplémentaires, exemple pour l'indicateur Ln et les bâtiments d'habitation :

Indicateur	Routes	Voies ferrées	Aéroports	Industries
Ln en dB(A)				
[50 ; 55[
dont habitation isolée				
dont en façade calme				
[55 ; 60[
dont habitation isolée				
dont en façade calme				
[60 ; 65[
dont habitation isolée				
dont en façade calme				
[65 ; 70[
dont habitation isolée				
dont en façade calme				
[70 ; ...				
dont habitation isolée				
dont en façade calme				

Population vivant dans des habitations exposées, estimée à la centaine près

Selon la précision des données disponibles, les lignes pourront être affinées selon d'autres destinations de bâtiments sensibles que les habitations, par exemples hôpitaux, écoles, établissements de santé.

Intérêts

- présentation synthétique ;
- résultats globaux pouvant admettre plusieurs méthodes de production, y compris des méthodes simplifiées ;
- mise à disposition du public simple ;
- exploitation statistique et agrégation à des niveaux régional et national aisées.

Limites

- données grossières ne permettant pas d'identifier les zones à traiter et donc de bâtir une politique de lutte contre le bruit à l'échelle d'un territoire ;
- représentation au niveau de toute l'agglomération probablement peu sensible aux évolutions sur 5 ans, donc impression de « stagnation » de la prise en compte du bruit.

Ce type de présentation des données d'exposition peut aussi être utilisé pour exprimer des résultats relatifs à des dépassements de valeurs limites ou des comparaisons de situations à différentes échéances.

2.2.2 Représentations cartographiques linéaires

Ce type de cartes n'est pas explicitement prévu par la directive. En effet, quand une carte graphique est envisagée, elle doit obligatoirement comprendre une représentation des isophones (cf. § 2.2.3 et 2.2.4). Cependant cette représentation peut permettre une vision de l'émission sonore des sources. Un exemple type en est la cartographie du classement sonore des infrastructures de transports terrestres.

Intérêts

- prise en compte uniquement de l'émission sonore (donc pas de propagation), d'où des données d'entrée réduites et la possibilité d'utiliser des méthodes d'évaluation simplifiées ;
- vision générale localisée des principales sources de bruit.

Limites

- information partielle sans exposition des populations.

2.2.3 Représentations cartographiques en 2D

Elles peuvent être des courbes isophones, des « étiquettes » en des points donnés indiquant les valeurs des indicateurs, le dépassement de valeurs limites, la comparaison de différentes situations, une coloration en plan des bâtiments ou de zones de l'espace.

La forme minimale de ces cartes est une représentation en plan des courbes d'isovaleurs des indicateurs L_{den} et L_n calculés à 4 mètres de hauteur pour les valeurs données dans le §1.3.1.1 (points 3 et 4).

Ce type de carte comprend aussi les cartes présentant les valeurs des indicateurs de gêne en façade des bâtiments ou cartes d'étiquettes.

Elles peuvent être issues, soit directement de logiciels de calculs acoustiques lorsqu'elles indiquent des valeurs d'indicateurs acoustiques, soit de systèmes d'information géographique permettant une analyse des résultats, lorsqu'elles indiquent des dépassements de valeurs limites, des comparaisons de situations, des populations exposées.

Intérêts

- présentation « parlante » pour la mise à disposition du public ;
- données localisées au moins visuellement, voire géoréférencées ;
- visualisation globale ;
- données permettant d'identifier au moins visuellement les zones à traiter et permettant donc de bâtir une politique de lutte contre le bruit à l'échelle d'un territoire ;
- possibilité d'exploitations supplémentaires et association à des bases de données pour une exploitation croisée de plusieurs données ainsi qu'une agrégation à des niveaux régional et national.

Limites

- représentation locale (selon les mesures adoptées) peu sensible aux évolutions sur 5 ans, et donc impression de « stagnation » de la prise en compte du bruit ;

- nécessité d'adapter l'échelle à la précision des informations fournies pour ne pas donner une impression de grande précision.

2.2.4 Représentations cartographiques en 3D

Elles peuvent être une représentation des courbes isophones en façade des bâtiments verticaux, des « étiquettes » de valeurs des indicateurs avec mention des hauteurs d'évaluation ou des étages des bâtiments concernés avec une coloration verticale des bâtiments.

Cette représentation graphique et les calculs associés ne sont pas explicitement prévus par la directive qui demande une évaluation des indicateurs L_{den} et L_n à une hauteur de 4 mètres. Elle comprend les représentations avec isophones ou points récepteurs en façade et à différents étages des bâtiments.

Intérêts

- évaluation plus fine des niveaux sonores en prenant par exemple en compte les variations selon les étages des bâtiments, et donc possibilité éventuelle d'évaluer plus précisément la population exposée si on peut disposer de données sur la destination du bâti (nombre et localisation des logements) et d'occupation (population résidente) suffisamment précises ;
- estimer les niveaux sonores sur plusieurs façades des bâtiments et identifier les « façades calmes » ;
- sortir des cartes de détails telles que celles utilisées pour les études détaillées des projets, à réserver de préférence aux zones localisées après élaboration d'une priorité des zones à traiter.

Limites

- plus de points de calculs ;
- nécessité de disposer de données d'entrée (hauteur des bâtiments, des obstacles) d'une précision au moins égale à celle des données de sorties ;
- nécessité d'adapter les échelles de présentation à la précision des données affichées ;
- prendre garde au manque de lisibilité si surcharge de la carte ;

- durée des calculs et importance des coûts pour de grands territoires.

Il est important de préciser, avant de se lancer dans la réalisation de cartes 3D, que les coûts de réalisation peuvent être élevés.

2.2.5 Cartes de bruit interactives

Ces cartes ne sont pas abordées par la directive.

On peut distinguer deux notions d'interactivité pouvant être rattachées aux cartes :

- la possibilité d'afficher ce que l'on veut sur la carte, par exemple différents fonds de plan, régler le niveau de zoom, ne conserver à l'affichage qu'un type de voie, etc.
- le couplage de la carte avec un système d'affectation de trafic, de mise à jour et d'évaluation en temps réel avec possibilité de mesures en direct. Les cartes peuvent alors faire partie d'un outil général d'évaluation environnementale.

2.3 Les croisements besoins/réponses

Les paragraphes précédents ont permis d'identifier les usages possibles des cartes de bruit stratégiques ainsi que différentes formes de cartes envisageables. Compte tenu de ces éléments, le tableau ci-après propose une affectation des différents types de cartes de bruit stratégiques selon l'usage visé. Ce croisement type de cartes/usage n'est qu'une proposition générale et il appartient à chaque autorité compétente en charge de l'élaboration des cartes de l'adapter à ses besoins propres.

Dans tous les cas en effet, une carte de bruit stratégique ne permettra pas de répondre à toutes les attentes en matière d'évaluation de l'exposition au bruit. Ainsi la connaissance détaillée des niveaux de bruit en façade d'un bâtiment situé en particulier nécessitera-t-elle des études plus précises ou des mesures sur site, qui ne correspondent plus à des évaluations stratégiques.

Croisement types de cartes / usages

USAGES	CRITÈRES NÉCESSAIRES	TYPES DE CARTES
Transmettre données à Commission	Population exposée par plage de valeurs des indicateurs	1 et 2
Localiser les sources de bruit	Cartes des émissions sonores	2
Informar la population	Représentations graphiques (isophones ou camemberts ou histogrammes)	1 et 3
Identifier les zones à traiter (très bruyantes, calmes)	Dépassement valeurs limites, représentation graphique, exemple PNB	3 (zones) et 4 (bâtiments)
Evaluer la contribution de différentes sources	Bruit comparé ou cumulé	2 ou 3
Programmer des plans d'action : <ul style="list-style-type: none"> • hiérarchiser actions, priorités • tester impact plan d'action • future situation • évaluer et comparer l'efficacité différents scénarios 	Dépassement valeurs limites, population exposée, contribution différentes sources, bruit ambiant global, comparaison avant/après, actuel/futur	3 ou 4
Orienter décision en matière d'aménagement pour viser un objectif, préventif	Dépassement valeurs limites, exemple classement sonore, croisement avec typologie d'usage des espaces, zones de sensibilité	1 et 3
Croisement avec d'autres problématiques	Cartes avec indicateurs plus larges ou code interprétation	3 et 4

Légende type de carte

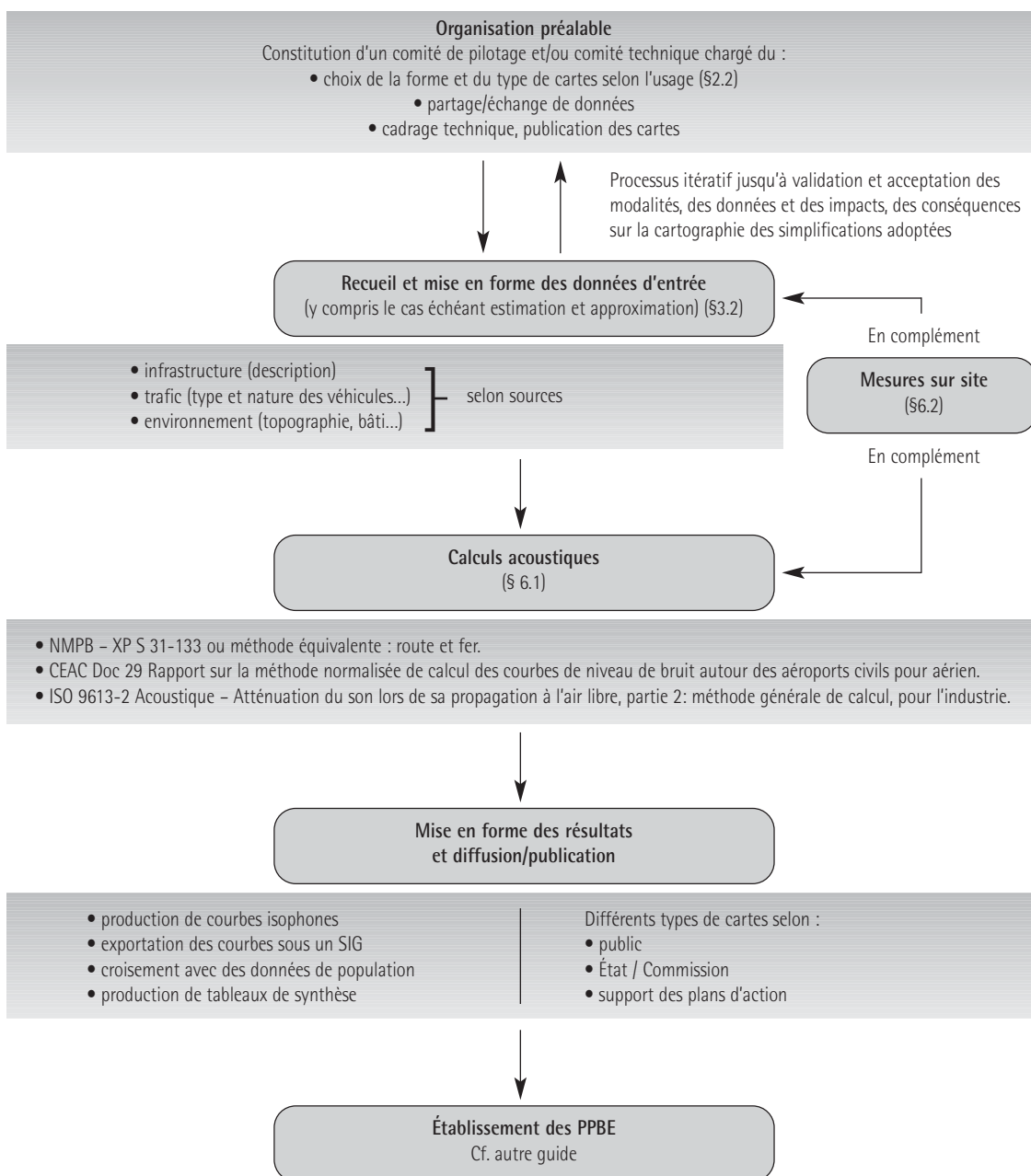
- 1 : tableaux de données, graphes, diagrammes ;
- 2 : représentations cartographiques linéaires ;
- 3 : représentations cartographiques en 2D ;
- 4 : représentations cartographiques en 3D.

T R O I S I È M E C H A P I T R E

Démarche générale de production des cartes de bruit stratégiques

3.1 Organisation pour la production des données et cartes

Le diagramme ci-après synthétise la démarche générale à suivre pour élaborer les cartes de bruit stratégiques.



3.1.1 Organisation administrative

Dans le cadre de la transposition de la directive 2002/49 CE, l'article L. 572-4 du code de l'environnement - institué par l'ordonnance n°2004-1199 et modifié par la loi de ratification n°2005-1319 - indique dans le 2° du 1 par qui sont établies les cartes de bruit. Il s'agit des communes situées dans le périmètre des agglomérations de plus de 100 000 habitants ou, s'il en existe, des Établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) compétents en matière de lutte contre les nuisances sonores. Le décret 2006-361 du 24 mars 2006 donne la liste des communes constituant chaque agglomération de plus de 100 000 habitants.

À partir de ces références, plusieurs schémas peuvent se présenter en terme d'organisation et de compétences :

- L'ensemble des communes listées dans l'agglomération, fait partie d'un EPCI. Or comme tous les établissements publics, l'EPCI est régi par le principe de spécialité. Il ne peut donc intervenir que dans le champ des compétences qui lui a été transféré (**principe de spécialité fonctionnelle**) et à l'intérieur de son périmètre (**principe de spécialité territoriale**). Pour être l'autorité compétente dans le cadre de la réalisation des cartes de bruit, il faut donc que la compétence « lutte contre les nuisances sonores » ait été transférée à l'EPCI. Si tel n'est pas le cas, il faut engager un débat sur la prise éventuelle de cette compétence, qui doit être rapide vu les délais de réalisation des cartes. Un accord temporel, uniquement lié à la réalisation des cartes de bruit peut alors être pris, sans attendre le transfert de la compétence.
- L'EPCI mis en place dispose de la compétence « lutte contre les nuisances sonores » mais ne couvre pas la totalité des communes listées par le décret 2006-361. Il serait alors souhaitable de désigner temporairement par convention, une commune ou l'EPCI comme autorité fédératrice de la réalisation des cartes de bruit. Cette autorité aura en charge en priorité l'animation du recueil des données. Dans cette optique, elle devra s'assurer auprès de l'ensemble des acteurs de la disponibilité effective des données, de leur format et de leur compatibilité. Si certaines de ces données sont non disponibles, elle devra alors, en accord avec

la ou les commune(s) concernée(s) évaluer l'influence du paramètre non renseigné dans la réalisation des cartes, leur production ou leur extrapolation/forfaitisation. In fine, la mise en place d'une telle coopération doit aussi permettre à toute commune située en dehors de l'EPCI de publier ces cartes.

De même, il est nécessaire de mettre en place un partenariat entre les différentes autorités compétentes à l'intérieur d'une même agglomération pour s'accorder sur les données à fournir et évaluer les coûts qu'engendrent leur recueil, leur mise à disposition et le cas échéant leur production. Cette étape est primordiale avant de constituer un comité de pilotage politique et/ou technique, réunissant à la demande de l'autorité en charge de l'élaboration des cartes les acteurs concernés et en particulier tous les maîtres d'ouvrage des infrastructures prises en compte dans ces cartes et en mesure de fournir ces données.

Ces étapes sont un préalable aux étapes de fabrication des cartes de bruit stratégiques.

La constitution de ces comités n'est pas requise par les textes réglementaires. Néanmoins ils sont des éléments d'organisation utiles destinés à faciliter la réalisation des cartes. Trois missions principales peuvent être attribuées à ces comités :

- définir et valider les formats et types de cartes à produire ;
- formaliser et organiser les échanges de données afin de valider le jeu de données définitif, et définir les règles à appliquer en cas de non-possession de ces données ;
- aider à la définition des stratégies de publication des cartes.

Les comités de pilotage seront également les instances privilégiées où seront débattus les principes et évalués les effets des plans de prévention du bruit dans l'environnement.

Sur le territoire des communes composant les agglomérations de plus de 100 000 habitants, les cartes de bruit stratégiques doivent prendre en compte :

- les autoroutes, les routes nationales, les routes départementales et les routes communales ;
- les voies ferrées ;
- les aéroports, y compris ceux de moins de 50 000 mouvements par an ;
- les sources industrielles, comme précisé dans l'arrêté du 4 avril 2006 ;
- et le cas échéant, les sources sonores issues d'autres origines telles les infrastructures portuaires fluviales ou maritimes.

Leur réalisation est à la charge des communes ou des EPCI correspondant à ces communes lorsqu'ils existent. Cela signifie que sur le territoire des communes concernées, le maire ou le président de l'EPCI concerné devra disposer des données d'entrée relatives aux sources listées précédemment, afin de pouvoir conduire les calculs acoustiques nécessaires à la fabrication des cartes. Selon les méthodes de calcul adoptées, les outils informatiques utilisés et les données disponibles ou pouvant être acquises, les données d'entrée et surtout leur format ne seront pas toujours identiques d'une agglomération à une autre, voire à l'intérieur d'une même agglomération. En contrepartie de ces données d'entrée, les autorités en charge de l'élaboration des cartes de bruit stratégiques peuvent mettre à disposition des maîtres d'ouvrage concernés les cartes et données obtenues à l'issue des calculs.

Inversement et sous réserve d'une bonne cohérence entre horizons, méthodes et précisions, un maître d'ouvrage pourra fournir à l'autorité en charge de l'élaboration de la carte, une représentation du bruit produit par son infrastructure ainsi que des données associées. En pratique cette possibilité sera à réserver pour les sources « mono-maître d'ouvrage » comme les voies ferrées ou les aéroports.

3.1.2 Organisation technique

3.1.2.1 Travail en régie et/ou sous-traitance

La réalisation des cartes de bruit suppose de mener à bien des études et surtout une collecte de données qui peut s'avérer plus ou moins lourde. Les compétences requises portent à la fois sur l'acoustique environnementale (prévision du bruit et métrologie), mais aussi sur les techniques attachées aux systèmes d'informations géographiques (mise en forme et traitement) et sur la cartographie.

Plusieurs possibilités, non exclusives, sont envisageables :

- un travail en régie réalisé par le service de l'EPCI ;
- un travail en régie réalisé au sein de l'autorité fédératrice du projet désignée par l'ensemble des communes concernées de l'agglomération. Ce travail peut faire l'objet d'un co-financement de la part de l'ensemble des communes. Mais certaines communes peuvent aussi proposer à cette autorité une carte réalisée en régie ou sous-traitée ;
- une sous-traitance complète ou partielle auprès d'un prestataire extérieur.

Dans l'hypothèse où la solution « sous-traitance » est retenue, il est important d'effectuer en régie un état des lieux des outils et supports à disposition, ainsi que des données rapidement disponibles, leur volume, mais aussi une évaluation des données manquantes et des possibilités pour les obtenir. Sans cette étape, il serait en effet trop difficile pour un bureau d'études de bien cadrer la commande et d'estimer avec suffisamment de précision la tâche à accomplir.

On constate qu'il est difficile dans la pratique de lancer une sous-traitance complète, débouchant sur la production d'une carte clés en main ; trop d'incertitudes subsistent au début de la démarche pour pouvoir évaluer finement le travail à réaliser. On préférera donc des missions de sous-traitances partielles, réparties sur plusieurs phases d'études, mais de préférence confiées à un même bureau d'études ou groupement de bureaux d'études.

La consultation des bureaux d'études sera faite sur la base d'un cahier des charges précis, mentionnant les différentes étapes de réalisation de la carte. Quelques éléments d'aide à la rédaction de ce cahier des charges sont abordés dans le paragraphe suivant. La sélection devra se baser sur des critères techniques (références, méthodologie proposée, réponses à certains points particuliers...), organisationnels (moyens mis à disposition, organisation de ces moyens, contrôle qualité) et bien évidemment de coûts et de délais.

Les prestataires extérieurs peuvent aussi être amenés à jouer un rôle dans l'ensemble de la démarche (indépendamment des études de cartographies qu'ils peuvent réaliser comme n'importe quel sous-traitant), sous la forme d'une assistance à maîtrise d'ouvrage et de conseil.

3.1.2.2 Éléments pour la rédaction d'un cahier des charges

L'autorité en charge de l'élaboration des cartes pourra s'inspirer des éléments ci-après pour rédiger un cahier des charges en vue de la consultation d'un bureau d'études.

Trois points apparaissent essentiels :

- la nécessité de fournir suffisamment d'éléments aux bureaux d'études afin que toutes les conditions soient réunies pour établir la meilleure offre ;
- la nécessité d'indiquer clairement et de façon détaillée aux bureaux d'études le rendu attendu, ainsi que la démarche méthodologique à mettre en œuvre ;
- l'organisation à mettre en place pour que le bureau d'études connaisse le rôle et les attributions de chacun.

Objet de l'étude et cadre réglementaire

- le contexte réglementaire national et européen : rappeler ici la directive européenne, et sa transposition en droit français ;
- la délimitation de la zone d'étude ;
- le contexte local : préciser ici si la démarche de mise en place de cette cartographie a seulement pour but de répondre à la demande de l'Europe ou si elle

fait partie d'une politique plus vaste de prévention des nuisances sonores ;

- l'objet de l'étude : préciser ici les objectifs de ces cartographies et leurs finalités.

Les champs concernés

On listera ici les sources de bruit à prendre en compte (route, fer, aérien, industriel ou autres), ainsi que les communes concernées.

On n'omettra pas de mentionner les points spécifiques s'il y en a (région transfrontalière, existence d'un port...). Cela suppose donc que le commanditaire de l'étude ait au préalable réalisé un premier inventaire de son territoire.

Le déroulement de l'étude

La démarche complète s'appuie sur celle figurant dans ce guide. Elle comprend les 5 phases suivantes et peut être modulée en fonction de la sous-traitance adoptée :

- *Recueil des données disponibles* : le bureau d'études établira un pré-diagnostic sur l'analyse de l'existant en matière de données d'entrée. Cette analyse se basera sur une consultation des services internes à l'agglomération et des acteurs extérieurs pour l'ensemble des sources à cartographier (*il serait utile ici de préciser cette liste et de donner les références des contacts*).

Les principales données à recueillir sont les données démographiques, géométriques (topographie, occupation du sol, bâti, infrastructures...), et acoustiques (trafics, vitesses, émissions unitaires...) (*il serait là aussi souhaitable d'énumérer plus en détail ces données*).

Ce recensement devra être consigné dans une base de données de manière à faciliter le travail lors des futures mises à jour.

Voici un exemple de la récapitulation de ces données :

Types d'objets	Données	Source	Date	Service
Topographie	Courbe de niveaux, points cotés	BD TOPO® de l'IGN	Juillet 2005	SIG de la ville
Infrastructures routières	Trafic, classement des voies	Préfecture, DDE	Juin 1998	Service Urbanisme DDE

- *Hypothèse et estimation des données manquantes* : à la suite du travail précédent, le prestataire devra prévoir un point d'étape avec le commanditaire afin d'orienter et de prioriser le recueil des données manquantes.

Cette étape consiste à étudier la possibilité et l'impact du remplacement des données manquantes par des valeurs estimées.

À ce stade, le bureau d'études cherchera, en s'appuyant sur les recommandations du guide, à identifier le poids de chacun des paramètres manquants et l'opportunité d'en affiner la connaissance.

- *Mise en forme des données à utiliser* : dans ce paragraphe, il serait opportun de définir conformément au guide, la forme des données, et de demander au bureau d'études la ou les méthodes qu'il compte employer pour construire une base cohérente des données existantes.

- *Cartographie du territoire* : sur la base des données recueillies et mises en forme lors des étapes précédentes, le bureau d'études établira les cartes de bruit requises par l'autorité compétente ; il précisera la méthodologie employée. À ce stade, l'autorité compétente pourra juger de la pertinence et de la précision de la méthode au regard des objectifs poursuivis.

Ces cartes de bruit devront pouvoir déterminer l'ambiance sonore existante et prévisionnelle, ainsi que l'évaluation globale des populations.

Elles permettront aussi d'identifier les zones susceptibles d'être désignées comme « zones calmes » par l'autorité compétente pour l'élaboration des PPBE.

- *Décompte des populations* : le bureau d'études devra dénombrer les populations exposées dans les différentes situations requises par l'autorité compétente. Il précisera la méthodologie employée pour réaliser ce décompte.

La rédaction du cahier des charges devra ici préciser s'il y a des exigences particulières sur une représentation autre que celle donnée dans l'arrêté du 4 avril 2006.

Faire préciser par le bureau d'études comment il envisage de réaliser la validation des fonds de plans fournis (visite sur le terrain) et le calage du modèle.

L'organisation

Il est important de fournir au bureau d'études un descriptif des instances de validation, de concertation et de contrôle mises en place pour suivre cette étude, et de l'existence d'un organisme d'assistance ou de conseil extérieur à l'agglomération.

Il est également important de lui préciser les attentes du commanditaire lors des réunions du comité de pilotage (préparation de documents, participation aux réunions, animation de réunions, rédaction de comptes-rendus...).

Il est aussi utile de préciser la fréquence de ces réunions.

Il peut encore être important de préciser au bureau d'études son positionnement quant à l'information du public concernant ces cartes : juste une préparation des documents, participation à des réunions publiques d'information, à la mise en ligne sur Internet des informations...

Les outils utilisés

Dans ce paragraphe, le futur titulaire du marché devra mentionner la référence du ou des logiciel(s) utilisé(s) pour réaliser sa mission (calculs acoustiques, SIG). Le commanditaire précisera ici sa volonté d'acquérir l'outil et de bénéficier d'une prise en main de la base constituée, en fonction du degré d'autonomie souhaité.

Les formats d'export des fichiers seront définis afin de pouvoir récupérer les données et les résultats dans le système d'informations géographiques du commanditaire.

Les documents disponibles

Il est important d'indiquer ici l'ensemble des documents et supports et leur format mis à disposition comme les fonds de plans, les données SIG, les données de population.

À indiquer également, une éventuelle accréditation au bureau d'études afin qu'il aille lui-même collecter des données auprès de services internes ou externes.

Les moyens mis en œuvre par le bureau d'études

Le bureau d'études devra décrire les moyens humains et matériels qu'il entend dédier à l'exécution de l'étude. Il précisera notamment l'organisation proposée, les qualités et références des personnels mis à disposition pour chacune des phases et la nature du contrôle qualité qu'il se chargera de mettre en place.

La production finale attendue

À la fin de sa mission, le bureau d'études établira un rapport de synthèse qui précisera :

- les principaux résultats de l'évaluation réalisée ;
 - la méthodologie d'étude utilisée ;
 - les choix généraux appliqués dans l'étude, la provenance des données, les choix forfaitaires pris ;
 - si des mesures ont été réalisées, le rapport de mesures ;
 - les cartes isophones pour chaque source, pour chaque période définie en concertation avec le maître d'ouvrage ;
 - les localisations des zones susceptibles d'être désignées comme calmes, les cartes de conflit ;
 - un résumé non technique de présentation de la cartographie ;
 - les perspectives d'exploitation des cartes ;
- ... ainsi que tous les éléments qu'il jugera utiles pour conserver la mémoire du travail effectué, de manière à en tenir compte lors des futures mises à jour.

On peut également imaginer la production de rapports d'étapes à certains points clés de l'étude.

La forme du rendu est aussi à préciser (nombre d'exemplaires, etc.).

Délai de réalisation

Le bureau d'étude proposera un planning correspondant à son offre. Il est aussi possible ici d'imposer un planning ou des dates butoirs.

3.2 Recueil et mise en forme des données d'entrée

Comme précisé dans le §1.1.3, la Commission européenne, à travers le groupe de travail WG/AEN, a rédigé un document à l'attention des agglomérations s'intitulant *Guide de bonnes pratiques de la cartographie du bruit stratégique et la production de données associées sur l'exposition au bruit*. Ce guide pratique apporte quelques compléments intéressants par rapport au présent ouvrage.

L'établissement des cartes de bruit et la détermination d'indicateurs chiffrés se basent sur différentes données (topographiques, occupation du sol, sources sonores, populations...). Cette première étape technique, correspondant au recueil et à la mise en forme des données d'entrée, est à la charge de l'autorité compétente. Les autorités ou organismes gestionnaires des infrastructures doivent être largement associés et transmettre à l'autorité compétente les éléments nécessaires.

Préalablement au recueil effectif des données, l'autorité compétente doit apprécier d'une part les besoins et d'autre part les moyens dont elle dispose, afin de trouver le meilleur compromis possible et définir :

- ce qui est nécessaire ;
- ce dont on dispose ;
- ce qui peut être estimé ou approché ;
- ce qui doit être acquis.

Compte tenu des différents acteurs concernés par cette étape (voir 3.1.1), la réflexion amont pourra être intégrée à un processus itératif de discussion avec les différentes autorités ou organismes gestionnaires des infrastructures concernées, qui aboutira à un ensemble cohérent de données à utiliser pour les calculs.

À titre d'illustration, il serait en effet inadapté de recueillir laborieusement des données de trafic fines (à partir de comptages par exemple) alors que les estimations de population à disposition s'accompagnent d'une forte incertitude. L'autorité compétente devra s'attacher à définir un optimum cohérent qui

tienne compte des données aisément disponibles. Cet optimum devra satisfaire à une précision égale ou supérieure à celle retenue pour la publication des résultats.

En tout état de cause, quelles que soient les méthodes de calcul utilisées pour la réalisation des cartes (voir chapitre 6), il est toujours nécessaire de disposer d'une description acoustique des sources en présence et des milieux de propagation. Ainsi les données nécessaires à l'élaboration des cartes de bruit stratégiques peuvent être décomposées en trois types :

1. les données de site (courbes de niveaux, éléments de reliefs, bâtiments et plus généralement obstacles, voies...) ;
2. les données attachées aux sources concernées (infrastructures de transports terrestres ou aériens, industries) permettant la description des émissions sonores ;
3. les données attachées à l'occupation du sol permettant de connaître le niveau d'impact sur la population en utilisant des indicateurs croisant niveaux de bruit et densité de population.

Le tableau ci-après liste l'ensemble des données utiles et identifie pour chaque catégorie un niveau d'exigence minimal et un niveau d'exigence recommandé.

Sur certaines catégories, lorsque le recueil de données s'avère difficile ou d'un rapport coût/efficacité excessif, certaines approximations sont possibles tout en conservant une précision correcte sur l'indicateur final d'exposition des populations. Elles résultent de l'étude de sensibilité réalisée par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon au printemps 2006 ; cette étude fournit des pourcentages d'erreur liés à l'utilisation de données forfaitaires telles que celles relatives à l'altimétrie du sol, à l'altimétrie des bâtiments, au nombre de files de circulation dans les rues, au trafic dans les rues faiblement circulées ou encore au décompte des populations.

Type de données	Catégorie	Niveau d'exigence minimal	Niveau d'exigence recommandé	Approximations proposées
Données générales sur le site	Topographie	Modèle numérique de terrain	BdD en 3D	Oui (terrain plat si agglomération très peu chahutée)
	Nature du sol	-	Identification des zones absorbantes ou réfléchissantes	Oui si urbain (sol réfléchissant)
	Localisation bâti	BdD en 2D	BdD en 3D	-
	Hauteur bâti	-	BdD en 3D	Oui (hauteur forfaitaire 10m ou 5m si habitat individuel dominant)
	Destination bâti	Zonage PLU	Enquête terrain	-
	Obstacles proches (écrans, modelés,...)	Enquête terrain	Enquête terrain	-
	Population	Base îlot INSEE + affectation 2D dans bâtiments	Base îlot INSEE + affectation 3D dans bâtiments	-
Routes (i.e source)	Topographie	Mappage sur Topographie site	BdD en 3D	Oui (terrain plat si agglomération très peu chahutée)
	Largeur plate-forme	-	Largeur plate-forme Classement sonore	-
	Nb de voies	-	Nb de voies Classement sonore	Oui (1 seule ligne source centrée)
	Débit JSN	TMJA classement sonore + ratios JSN	TMJA modèle trafic + ratios HPS et JSN	Oui (valeur forfaitaire sur voies à faible trafic = 1000 ou 2000 véh/j)
	% PL JSN	% PL Classement sonore	% PL Classement sonore	-
	Vitesse	Vitesse Classement sonore	Vitesse réglementaire	-
	Allure	Fluide (sans feux) Pulsé (avec feux)	Fluide (sans feux) Pulsé (avec feux)	Oui (standard)
	Revêtement	Revêtement Classement sonore	Revêtement Classement sonore	Oui (terrain plat si agglomération très peu chahutée)
Voies ferrées (i.e source)	Topographie	Mappage sur topographie site	BdD en 3D	-
	Largeur plate-forme	-	Largeur plate-forme Classement sonore	Oui (1 seule ligne source sauf situation particulière comme gare...)
	Nb de voies	-	Nb de voies Classement sonore	-
	Débit JSN	Débits / types Classement sonore + ratios JSN	Débits / types Classement sonore + ratios JSN	-
	Vitesse	Vitesse Classement sonore	Vitesse commerciale	-
	Nature de pose	Nature de pose Classement sonore	Nature de pose Classement sonore	-
Avions (i.e source)	Topographie	Modèle numérique de terrain		-
	Trajectoire	Trajectoires nominales publiées	Prise en compte de la dispersion et des trajectoires radar	-
	Trafic	Pas d'approximation (à l'exception des substitutions) : volume, typologie, répartition JSN, par QFU, par trajectoires		-
	Infrastructures	Pas d'approximation		-
Industries (i.e source)	Topographie	Bâti industriel du site	BdD en 3D	-
	Localisation	Zonage PLU	BdD en 3D	-
	Limites de propriété	Cadastre et plans	Repérage terrain	-
	Type d'activité	Code NAF ou équivalent	Enquête sur site	-
	Rubrique de classement	Listes des ICPE soumises à autorisation avec détail des rubriques	Arrêtés préfectoraux d'autorisation	-
	Sources de bruit principales	-	Localisation	Oui si site pas trop étendu et en environnement ouvert (répartition homogène)
	Données bruit	-	Étude d'impact acoustique Mesures sur site	Oui si site peu bruyant ou environnement non sensible

Il existe des bases de données, habituellement disponibles pour les autorités compétentes, utiles à la cartographie du bruit et dont suit une liste (non exhaustive).

■ Bases de données de site :

- Les Modèles numériques de terrain (MNT) représentent la topographie d'un site sous forme de semis de points ou d'objets graphiques géoréférencés en 3D ; ils sont disponibles auprès du service SIG de l'agglomération ou de l'IGN.
- Les bases de données sur le bâti représentent les bâtiments sous la forme d'objets graphiques géoréférencés en 3D (cadastre par exemple) ; elles sont disponibles auprès du service SIG de l'agglomération ou de l'IGN. Ces bases de données contiennent généralement des informations sur la hauteur des bâtiments, plus rarement sur leur destination.
- Quelques sites Internet donnent aussi des vues aériennes de certaines grandes agglomérations : Google earth®, mappy®, les pages jaunes® ou le récent Géoportail de l'administration française. Les informations données ne sont pas directement exploitables dans un SIG mais permettent cependant de vérifier l'adéquation au terrain du modèle de calcul et de compléter les visites sur le terrain.

■ Bases de données routières :

- Les bases de données sur les routes représentent les routes et rues (existantes ou en projet) sous la forme d'objets graphiques géoréférencés en 3D (axe de la voie en général, mais parfois aussi les bords de plate-forme) ; elles sont disponibles auprès du service SIG de l'agglomération ou de l'IGN. Ces bases de données contiennent souvent des informations attributaires sur le nom de la route, la largeur de plate-forme ou encore le nombre de voies.
- Le classement sonore des voies routières concerne toutes les routes et rues écoulant au moins 5000 véhicules par jour. Les bases de données ayant servi à son établissement sont consultables auprès des directions départementales de l'Équipement. Elles sont souvent géoréférencées et contiennent différentes informations sur les paramètres d'émission sonore (trafics J et parfois N, % de poids lourds, vitesse, allure, revêtement...). Voir détails au §5.1.3.

- Le modèle d'affectation des trafics en milieu urbain fournit une représentation schématique ou géoréférencée des trafics routiers, généralement à l'heure de pointe du soir. Si les modes de gestion s'avèrent très variables, la base produite est généralement consultable au service Déplacements de l'agglomération.
- Les bases de données routières contiennent généralement des informations attributaires et parfois géoréférencées sur l'état qualitatif (revêtements, limitations de vitesses, présence de carrefours à feux...) et quantitatif du réseau de voirie (données issues des postes de comptage). Elles sont généralement consultables au service Voirie de l'agglomération.

■ Bases de données ferroviaires :

- Les bases de données topographiques sur les voies ferrées se présentent sous la forme d'objets graphiques géoréférencés en 3D (axe de la voie en général, mais parfois aussi les bords de plate-forme) ; elles sont disponibles auprès du service SIG de l'agglomération ou de l'IGN. Ces bases de données contiennent souvent une information attributaire sur la largeur de plate-forme ou encore le nombre de voies.
- Le classement sonore des voies ferroviaires concerne toutes les voies ferrées écoulant au moins 50 trains par jour. Les bases de données ayant servi à son établissement sont consultables dans les directions départementales de l'Équipement ou auprès des directions régionales de Réseau ferré de France. Elles sont souvent géoréférencées et contiennent différentes informations sur les paramètres d'émission sonore (trafics J et N, vitesse, type de pose...).

■ Bases de données acoustiques :

Certains départements disposent d'un observatoire du bruit des transports terrestres (liste disponible auprès du MEDD, mission bruit). Ce système d'informations géographiques dédié au bruit recense autour des voies routières et ferroviaires classées, les zones de bruit critiques (ZBC) qui contiennent des constructions sensibles dépassant les valeurs limites fixées par l'arrêté du 4 avril 2006. Le long du réseau national, ces constructions sont appelées points noirs du bruit (PNB). Ces bases de données

sont gérées par les directions départementales de l'Équipement et par les directions régionales de Réseau ferré de France.

Les données d'entrée proviennent du classement des voies. Les méthodes de calcul utilisées sont simplifiées et toujours par excès (sol plan, absence d'obstacles...).

■ Bases de données population :

- Les principales données démographiques utilisées en France proviennent du recensement de la population de l'Insee. Elles sont disponibles à l'échelle de périmètres techniques, îlot ou IRIS-2000, ou administratifs (communes par exemple).
- La base de données des services fiscaux Filocom issue des fichiers fiscaux sur la taxe d'habitation, l'impôt sur le revenu et la taxe foncière.
- Certains organismes peuvent détenir des informations de population pour leurs besoins propres. Il s'agit par exemple des collectivités locales (communes principalement), des agences d'urbanisme ou de certains organismes de services (EDF, France Telecom, service de distribution des eaux).

■ Bases de données industrielles :

La liste des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation, avec détail des rubriques, est disponible auprès des DIRE ou des préfetures.

Toutes les ICPE font l'objet d'une étude d'impact environnemental préalable comportant un volet bruit. Ces dossiers d'étude d'impact incluent les niveaux de bruit évalués en limite de propriété. Ils peuvent prévoir une description des mesures prise pour réduire l'impact. Ils sont en principe consultables auprès des DIRE ou des préfetures ou sous-préfetures. Quelques contrôles *a posteriori* des niveaux de bruit sont effectués dans ce cadre. Certaines exploitations sont soumises à une auto-surveillance en matière de bruit, les exploitants peuvent fournir les données acquises par ce moyen. La DIRE peut demander à recevoir ces informations mais ce n'est pas le cas général.

Quelques informations peuvent être obtenues par les arrêtés d'autorisation d'exploiter. Ces derniers font l'objet de mise à jour à chaque fois que l'exploitation évolue de manière significative. Les arrêtés

relatifs aux ICPE soumises au régime de la directive 96/61/CE font l'objet d'une mise à jour tous les 10 ans.

■ Bases de données aériennes :

Les bases de données sur les aéroports se présentent sous la forme d'objets graphiques géoréférencés en 3D (localisation et caractéristiques des pistes) : elles sont disponibles auprès du service SIG de l'agglomération ou de l'IGN.

Les publications aéronautiques du Service d'information aéronautique (publications en ligne sur le site Internet du SIA) comportent de nombreuses informations (cartes d'aérodromes, cartes d'approche) sur les infrastructures aéroportuaires, les trajectoires et les procédures.

Les statistiques de trafic sont disponibles auprès de la DGAC (Direction générale de l'aviation civile compétente) et/ou des gestionnaires aéroportuaires.

Les plans d'exposition au bruit sont annexés aux plans locaux d'urbanisme et consultables dans les communes concernées.

Pour plus de précisions sur ces sources de données, un descriptif des données d'entrée nécessaires et pertinentes et des formats sous lesquels elles sont généralement disponibles figure aux chapitres 5 et 6 du présent guide.

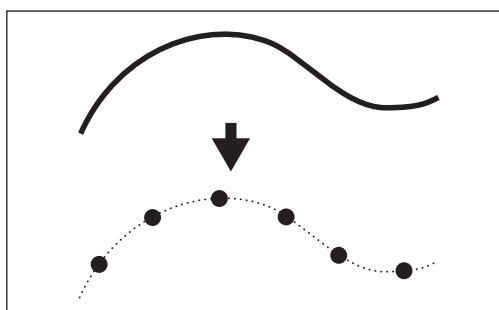
3.3 Principes de réalisation des cartes

3.3.1 Organisation technique

Pour les transports terrestres, la prévision des niveaux sonores est souvent obtenue selon une méthode de type « tir de rayons ». La méthode de segmentation est quant à elle utilisée pour la modélisation du bruit aérien. Les calculs sont effectués en bandes d'octaves, de 125 à 4 000 Hz pour les bruits routiers et ferroviaires, de 63 à 8 000 Hz pour le bruit d'origine industrielle et de 50 à 10 000 Hz pour le bruit aérien. Le résultat final est exprimé en dB(A) après sommation énergétique des niveaux sonores correspondant à chaque bande d'octave.

Dans un premier temps, et concernant la méthode de type « tir de rayons », le principe de l'approche prévisionnelle est que toute source à prendre en compte (quasi ponctuelle, linéaire, surfacique, volumique) est représentée par une source ponctuelle équivalente, ou par un ensemble de sources ponctuelles élémentaires. Ce principe est illustré ci-après pour le cas d'une source routière.

Décomposition d'une source linéaire routière en sources ponctuelles élémentaires



L'application de ce principe de décomposition des sources est la première étape des calculs prévisionnels. Dans un second temps, on détermine l'ensemble des trajets acoustiques possibles entre chaque source ponctuelle équivalente et le récepteur étudié, en tenant compte des paramètres de l'algorithme de tir de rayons tels que la densité des rayons, le nombre de réflexions maximum au cours d'un trajet acoustique et la distance de propagation maximale d'un trajet.

Selon la méthode de détermination des trajets de propagation, ces deux premières étapes peuvent être interverties.

La troisième étape du calcul consiste à affecter à chaque source ponctuelle équivalente ou élémentaire une puissance acoustique et, selon le type de source et le cas échéant, d'une directivité spatiale. Dans un quatrième temps, on calcule, pour chaque trajet, l'ensemble des atténuations sonores présentes au cours de la propagation, soit principalement :

- la divergence géométrique ;
- l'absorption atmosphérique ;
- les effets de sol ;
- les diffractions par les obstacles ;
- les réflexions et absorptions par les surfaces (généralement verticales).

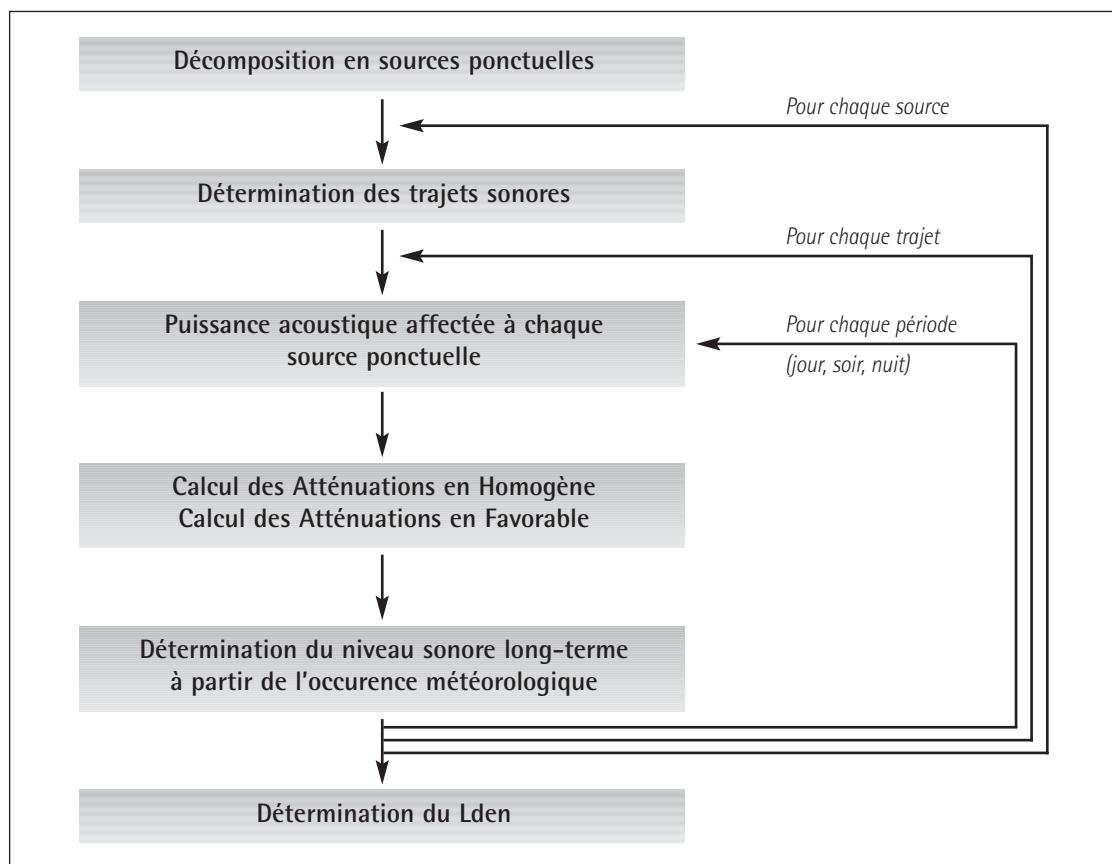
Pour chaque trajet, cette quatrième étape est effectuée pour deux conditions météorologiques distinctes : conditions homogènes et conditions favorables à la propagation du son. Le niveau sonore long terme propre à chaque trajet est alors obtenu par sommation énergétique des niveaux sonores correspondant en conditions homogènes et favorables, pondérés par l'occurrence moyenne des conditions favorables long terme dans la direction principale de propagation de ce trajet.

Le niveau sonore global long terme au récepteur étudié est finalement obtenu par sommation énergétique de l'ensemble des niveaux sonores propres à chaque trajet acoustique, dernière étape du processus.

Pour calculer un indice composé tel que le L_{den} , toutes ces étapes sont à répéter pour chacune des trois périodes jour, soirée et nuit, afin de déterminer les niveaux globaux long terme propres à chacune des périodes.

L'organigramme ci-après récapitule les principales étapes de la méthode générale de calcul prévisionnel des niveaux sonores.

Organigramme général de principe de calcul du Lden



La méthode de segmentation utilisée pour l'aérien est décrite en détail dans la version révisée du doc. 29 de la CEAC. Cette méthode consiste tout d'abord à découper la trajectoire d'un avion en plusieurs segments droits le long desquels l'altitude, la vitesse et la puissance de l'avion restent constantes. On détermine ensuite pour chaque segment le point d'approche perpendiculaire le plus proche du récepteur. L'étape suivante consiste à évaluer la contribution de chaque segment au niveau d'exposition au bruit induit par le passage de l'avion à partir de la distance source-récepteur, des données bruit-puissance-distance de l'avion, de la directivité latérale de la source et de l'atténuation latérale du bruit. Les « fractions de bruit » des segments significatifs, c'est-à-dire ceux contribuant de manière significative au niveau de bruit généré par le passage de l'avion, sont additionnées. La valeur de l'indice Lden est finalement obtenue par sommation énergétique des niveaux sonores calculés pour chaque passage d'avion en affectant les pondérations prédéfinies pour les trois périodes jour/soirée/nuit.

3.3.2 Principes de mesure des niveaux sonores

La directive 2002/49CE prévoit l'usage possible de mesures dans le cadre de la réalisation des cartes de bruit stratégiques. Néanmoins, d'un point de vue opérationnel, la réalisation de cartes sur la base exclusive de mesures est à proscrire. Outre le coût démesuré d'une telle procédure, la difficulté de réaliser des campagnes de mesures assez détaillées pour apprécier un niveau sonore sur la façade la plus exposée de chaque bâtiment concerné et la nécessité de recaler l'ensemble des mesures sur des hypothèses de trafic moyen notamment, rendent l'établissement de cartes sur cette seule base inenvisageable.

Cependant, les mesures sur site restent pertinentes dans les étapes de recherche de données d'entrées ou, plus en aval, lors de la validation des cartes de bruit. Ces situations correspondent par exemple aux besoins :

- de quantifier certaines valeurs d'émission, comme celles produites par des sources spécifiques ou non

- « cataloguées » (installations industrielles, tramways, hélicoptères, bateaux, etc.) ;
- d'affiner certaines hypothèses d'entrées peu fiables (valeurs extrapolées, valeurs forfaitaires...) ;
- de vérifier la justesse des résultats de calculs, évaluer le niveau de précision d'une carte ;
- d'objectiver une situation complexe (multiexposition...) ou une situation litigieuse (zone de plaintes...) ;
- de qualifier l'exposition sonore des secteurs sensibles (zones dites « calmes », par exemple) ;
- de faciliter l'acceptation des résultats de calculs dans le cadre d'une communication publique...

Les niveaux de bruit issus de mesures sont en effet souvent perçus par les populations comme plus « crédibles » que les résultats de calculs, si savants soient-ils. Ainsi, la réalisation de mesures offre l'avantage de fiabiliser les cartes de bruit à la fois sur le plan technique et d'un point de vue pédagogique ; grâce à l'introduction de facteurs de temporalité (évolution, fluctuation...), « masqués » dans une représentation cartographique globale, elle fournit des éléments d'argumentation complémentaires.

Bien évidemment, compte tenu de l'étendue des territoires cartographiés en agglomération, les mesures doivent être soigneusement ciblées en des lieux pertinents et sur des durées adaptées, en fonction de l'usage que l'on veut faire des résultats produits.

Il peut s'agir selon les cas :

- de mesures brèves (par exemple 1/4 h à 1h), accompagnées d'observations sur les sources de bruit caractérisées (comptages manuels de trafic, fonctionnement d'un équipement industriel, etc.) ;
- de mesures longues (24 ou 48 heures) permettant de mieux appréhender les fluctuations locales (répartition selon les périodes jour/soir/nuit, bruits à caractère événementiel, etc.) ;
- de mesures permanentes ou de très longues durées, à l'aide de balises de surveillance (système de monitoring acoustique) permettant de caractériser une source de bruit dans la durée (objectivation du caractère évolutif, analyses statistiques) en continu ou de manière périodique.

Il est également utile d'exploiter les données de mesures déjà disponibles (mesures réalisées par exemple dans le cadre d'une étude d'impact récente, la gestion d'une plainte, etc.). Rappelons que certaines collectivités disposent d'un Observatoire de l'environnement sonore, qui produit et recense des données de mesures (notamment BruitParif, pour l'Ile-de-France).

La méthode de réalisation de mesures sur site doit suivre les préconisations des normes précisées au § 6.2.

3.3.3 Principes de calcul de l'exposition des populations

L'obtention de l'exposition des populations nécessite de croiser des informations sur le bruit et sur les populations localisées dans les zones de bruit. Ceci impose donc un croisement géographique de données. Dans tous les cas, on doit passer par une étape de manipulation de données géoréférencées. Vis-à-vis de cette contrainte technique incontournable, les SIG offrent une réponse adaptée.

Il convient donc de privilégier autant que possible l'usage de ces outils.

Mise en forme et diffusion/publication des résultats 3.4

Deux types de publications sont requis par la directive européenne : l'information de la commission européenne et celle du public.

L'annexe VI de la directive liste les données à transmettre à la Commission. Elle ne contient que des pièces obligatoires ne souffrant aucune adaptation. L'annexe IV de la directive indique les prescriptions minimales pour la production des cartes de bruit stratégiques et l'information du public ; ces éléments sont précisés dans l'arrêté du 4 avril 2006, mais on peut y joindre éventuellement des informations complémentaires si on le juge nécessaire, comme par exemple un descriptif du traitement des données d'entrée ou encore une information sur les approximations réalisées.

La cartographie, pour être comprise du public, doit être aussi simple et lisible que possible.

Elle doit aussi permettre une superposition des cartes des différentes sources, ceci pouvant nécessiter un traitement graphique particulier des données.

Il est recommandé d'accompagner les différents documents cartographiques d'une notice explicative de présentation des cartes. Plusieurs facteurs conditionnent la lisibilité de ces documents. Il s'agit principalement du choix de l'échelle et du support cartographique, mais aussi des techniques de représentation qui sont détaillées dans le chapitre 7.

Pour la publication des résultats sur Internet, le choix de la représentation est laissé à l'appréciation de chaque commune, à partir du moment où elle est conforme aux standards et aux normes définis par le cadre commun d'interopérabilité des systèmes d'information publics.

La rédaction du résumé technique et de l'exposé sommaire de la méthodologie employée est laissée de même à l'appréciation de chaque commune. Toutefois, si les éléments descriptifs sont utiles à la concertation, ils doivent aussi permettre d'expliquer le choix de certaines hypothèses, la justification des mesures réalisées, et donner une illustration textuelle des cartes.

Q U A T R I È M E C H A P I T R E

Expériences intéressantes

Les expériences intéressantes présentées ci-après concernent uniquement de grandes agglomérations. Elles présentent de plus la particularité d'avoir été réalisées avant la parution de la directive 2002/49/CE et ne remplissent donc pas toutes les exigences de celle-ci.

Ces présentations se bornent à relater les faits, sans porter de jugement de valeur. Il est néanmoins difficile de s'empêcher de faire certaines comparaisons légitimes. Les expériences étant réalisées sur des villes différentes, il convient d'en avoir une lecture critique et bienveillante. Toute expérience, qu'elle soit ou non positive, apporte son lot d'erreurs et de réussites, le tout étant de ne pas répéter les erreurs du passé. Ainsi les choix effectués, les outils mis en place, les représentations mises à jour reflètent-ils souvent le bon côté des choses.

4.1 Paris

La ville de Paris est au cœur d'une vaste région urbanisée. Petite ceinture et grande banlieue en constituent une sorte de continuité urbaine. Du point de vue macroscopique, il n'y a donc pas de rupture du bruit, entre Paris intra-muros et extra-muros : malheureusement le boulevard périphérique.

Description du milieu urbain

- une surface relativement petite de 105 km²
- un linéaire de voirie de 1 700 km
- un tissu urbain dense et assez homogène
- une emprise au sol des bâtiments importante
- une hauteur moyenne élevée
- une population de 2 millions d'habitants soit une densité de 20 000 hab./km²
- des bâtiments essentiellement à usage de logements, de bureaux et de commerces

Historique

Le classement acoustique des voies a été publié par le préfet de Paris, en novembre 1999, sous deux formes :

- un document papier de 50 pages listant toutes les portions de voies et leur classement de 1 à 5 ;
- un document graphique illustrant le classement des voies par 5 couleurs.

Cela représentait une première étape mais qui restait trop schématique et ne concernait que 48 % des voies parisiennes (celles recevant plus de 5 000 véhicules par jour).

L'Observatoire du bruit de Paris (OBP) qui regroupe les acteurs concernés par la lutte contre le bruit à Paris (élu, services techniques, région, préfecture de police, SNCF, RATP, ADP, Anah, CIDB, experts, associations représentatives et professionnels) a demandé au Service technique de l'écologie urbaine (STEU) de la ville de Paris d'examiner la possibilité de transformer ce classement pour une représentation plus détaillée.

Ainsi, la ville de Paris a-t-elle décidé, en 2001, le développement d'une cartographie du bruit,

véritable outil d'aide à la décision pour les aménageurs, prenant en compte les modifications du trafic routier, et permettant de réaliser des études d'impact.

Une cartographie du bruit routier uniquement

Près de 3 millions de véhicules circulent quotidiennement sur les 1 700 km de voies des 105 km² du territoire parisien. Il apparaissait donc logique que la première carte stratégique du bruit de Paris illustre le bruit routier. À l'avenir, et en partenariat avec la SNCF et la RATP, il sera possible d'intégrer les nuisances dues au trafic ferroviaire (y compris le métro aérien). Le bruit des plates-formes aéroportuaires n'y apparaît pas, et pour cause, les empreintes sonores de Paris-Orly, Paris-CDG et Paris-Le Bourget n'empiètent a priori pas sur le périmètre de la ville (ni même les zones de bruit). N'y est pas non plus signalé le bruit des industries. Le bruit routier a été modélisé à partir du trafic moyen journalier annualisé (TMJA) des années 1999, 2000 et 2002 fourni par la direction de la Voirie et des Déplacements. Deux périodes légales sont considérées : la période dite de jour de 6h à 22h et la période nocturne de 22h à 6h.

Les cartes de Paris sont des cartes du bruit en façade avec des vues en trois dimensions. Elles illustrent la propagation du bruit routier moyen au niveau des façades (à 2 mètres de la façade conformément à la norme NFS 31-130) et cela sur toute leur hauteur.

Des calculs

Il est possible d'établir une cartographie soit à partir de mesures directes sur le terrain, soit par modélisation par le biais de calculs scientifiques. La cartographie du bruit routier moyen de Paris a été établie à partir de calculs.

Le moteur de calcul choisi (MITHRA[®]) a été développé par le Centre scientifique et technique du bâtiment. L'interface de visualisation en 3D (Drag&Fly dB[®]) a été développée par la société Siriatech en intégrant le Système d'informations géographiques Arcview[®] de la société Esri.

Les entrants

Le SIG intègre les bases de données de l'Institut géographique national (BD TOPO® et ORTHO®, Georoute®) et le recensement de la population attribué au parcellaire parisien (INSEE- Agence parisienne de l'urbanisme). Les bases de données de l'IGN permettent de modéliser Paris en trois dimensions, en tenant compte de tous les éléments importants pour la cartographie : gabarit des bâtiments, des chaussées et des trottoirs, types de revêtements, dénivelé... L'intégration du recensement Insee-Apur permet de déterminer l'exposition des Parisiens au bruit routier.

Toutes les voies du classement acoustique ont un TMJA. Pour les autres rues et ruelles, un TMJA forfaitaire a été attribué. Les données de trafic prises en compte sont : le type de véhicule (légers et poids lourds), le type de trafic (pulsé, freiné, fluide), la vitesse.

Le maillage

Conformément aux normes NF S 31-130 et 31-085 sur les « Cartographies du bruit en milieu extérieur » et « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier », le modèle utilisé place des récepteurs sur l'ensemble du territoire parisien soit pour :

- pour les cartes du bruit sur l'espace public, un récepteur tous les 2 mètres sur les voies publiques à 1,50 m de hauteur, soit près de 25 millions de récepteurs sur l'ensemble des 6 000 voies parisiennes ;
- pour les cartes du bruit en façade, un récepteur tous les 10 mètres en largeur et tous les 3 mètres en hauteur à partir de 1,50 m du sol.

La méthode de calcul

La méthode employée est celle du tracé des rayons entre les sources sonores et le récepteur considéré. Pour obtenir une bonne évaluation des niveaux sonores sans augmenter les temps de calcul, on s'est limité à prendre en compte tous les rayons sonores ayant au plus deux réflexions. Par exemple les rayons sonores réfléchis par la façade opposée et / ou par le sol, en plus du rayon direct. La méthode a intégré de surcroît la diffraction par un éventuel écran acoustique.

La ville de Paris a ainsi élaboré deux cartes de bruit : une pour la période de jour (6h-22h) et une pour la période de nuit (22h-6h).

Validation des calculs

Pendant toute la période de recherche, le Service technique de l'écologie urbaine a opéré des mesures acoustiques sur le terrain pour valider les paramètres du modèle. Depuis, des mesures sur le terrain sont effectuées régulièrement pour mieux corrélérer les résultats des calculs. Ainsi, sur plus de 75 sites mesurés (rue calme, voie express, boulevard, avenue), l'écart entre les mesures et les calculs se situe autour de 1dB(A) ce qui est considéré comme très acceptable.

Calcul et extraction

Il a fallu plus de 9 mois de recherche pour créer le progiciel (développé par Siriatech) de calcul de la cartographie dynamique du bruit routier moyen à Paris. Le calcul de la première version a duré une année entière et l'extraction des 315 cartes près de 3 mois. Il faut savoir qu'une zone de calcul prend entre 15 et 21 jours de calculs et de modélisation avant sa validation (an 2000). Paris a d'abord été découpée en plus de 100 zones ; dont certaines ont ensuite été réunies pour une meilleure lisibilité à l'écran. Ainsi Paris est-elle découpée en 63 zones, certaines grandes comme un arrondissement pour le cœur de Paris, d'autres plus complexes en calcul, sont étroites, le long du boulevard périphérique notamment.

Ces cartographies ont permis d'établir des statistiques d'exposition de la population pour chacun des 20 arrondissements. L'exposition moyenne au bruit diurne des parisiens est la suivante : 7 % de la population est soumise à des niveaux supérieurs à 71 dB(A), 46% à des niveaux compris entre 61 dB(A) et 70 dB(A).

Un outil de communication auprès du public

En mai 2003, la ville de Paris a publié la cartographie du bruit routier moyen pour la période de jour (6 h - 22 h).

Cette publication a rencontré un vif intérêt puisque cette rubrique sur le site Internet de la ville a comptabilisé plus d'un million de visites en un an.

Riche de cette expérience, la ville de Paris a décidé, en septembre 2004, de procéder à la modélisation du bruit routier nocturne et de la publier sur le site Internet « paris.fr ».

Les Parisiens disposent maintenant d'une vision complète du bruit routier moyen dans la capitale. Cet outil permet à la Ville d'améliorer la connaissance de cette nuisance, d'en informer les Parisiens et d'approfondir la sensibilisation du grand public.

Combien ça coûte ?

On distinguera les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Pour les premiers, on a d'une part l'investissement immatériel tel que l'achat des logiciels (85 000 €), et l'achat de bases de données IGN (9 000 €) soit 94 000 € et d'autre part l'investissement matériel qui comporte l'achat d'informatique tel que les ordinateurs soit 26 000 € ; ce qui donne un total d'investissement de **120 000 €** (valeur année 2000).

Le fonctionnement étant assumé en interne par le Service technique de l'écologie urbaine (STEU), il ne peut être chiffré en terme financier. Néanmoins, l'établissement des cartes a nécessité 9 mois pour le développement, un an pour le calcul (pour Paris le jour) et 3 mois pour les extractions, par 3 techniciens et 1 ingénieur, sur 8 ordinateurs en réseau.

Une cartographie interactive

Tous les paramètres de calculs sont modifiables, il est donc possible de calculer une carte pour une heure donnée, créer des murs antibruit, reporter une partie du trafic sur d'autres voies, en somme simuler les nouveaux aménagements. La cartographie n'est pas figée, c'est un formidable outil de diagnostic et de simulation de l'avenir du paysage parisien.

La cartographie du bruit ou plutôt la modélisation du tissu urbain et le moteur de calcul acoustique permettent en outre, d'ores et déjà, d'affiner les prescriptions techniques des aménagements de lutte contre les nuisances sonores : revêtements routiers, diminution de la vitesse (quartiers verts, espaces civilisés), protections phoniques, aménagement de ZAC, positionnement des bâtiments, etc.

Un plan d'action

Il ne suffit pas de constater que de nombreux Parisiens souffrent du bruit. Encore faut-il trouver les moyens d'y remédier. La ville de Paris élabore ainsi actuellement un « Plan de lutte contre le bruit ».

La prochaine mise à jour globale de la « Cartographie du bruit routier de Paris jour, soir et nuit » (en accord avec la Directive européenne) est prévue pour 2006. D'ici là, tous les nouveaux aménagements de voies et de quartiers de Paris prévus dans le plan d'action, les nouveaux espaces civilisés, les quartiers verts ou zones 30 seront pris en compte et modélisés pour la mise à jour.

Bruxelles 4.2

Bruxelles, ville-région, est un ensemble de 19 communes exerçant chacune un pouvoir local. Siège de la majorité des institutions européennes, elle est reliée à la plupart des grandes agglomérations des pays européens limitrophes par des autoroutes et des voies de chemin de fer. Enfin, son aéroport voit passer des millions de passagers par an.

Description du milieu urbain

- une surface de 160 km²
- un linéaire de voies routières de 1 860 km
- 300 km de voies ferrées (train, tramway et métro aérien)
- un aéroport international avec une moyenne de 250 000 mouvements annuels
- une population de 1 million d'habitants soit une densité de 6 250 hab./km²
- un tissu urbain assez dense

Contexte

La région Bruxelles-Capitale a chargé l'Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement (IBGE) de la mise en œuvre d'un plan de lutte contre le bruit en milieu urbain, dont une des actions vise à l'élaboration de la cartographie sonore, considérée comme un instrument incontournable et un outil d'aide à la décision.

Ainsi le projet du développement cartographique a-t-il été soutenu financièrement par le programme LIFE à partir de 1999, donnant le jour à un projet de cartographie pour le bruit du trafic routier.

Une cartographie avec un temps d'avance

Cette cartographie a été élaborée en utilisant les indicateurs recommandés par la directive européenne, à savoir les indicateurs Lden et Ln et en utilisant la méthode NMPB.

La méthodologie suivie pour l'élaboration des cartes de bruit a été divisée en quatre étapes successives. Une première étape a dressé un inventaire des données existantes. De la connaissance des méthodes utilisées

par la suite, il a été récolté les données nécessaires. Les données manquantes ont dû être récoltées en conduisant des études spécifiques. Cette première étape a été la plus laborieuse.

La seconde a consisté à adapter les données recueillies, celles-ci l'ayant souvent été en vue d'autres objectifs que le calcul du bruit. Un certain nombre d'adaptations, de compromis ou d'approximations ont donc été nécessaires.

Dans une troisième étape, l'ensemble des données de trafic, la géométrie des voies, la topographie, les bâtiments et autres données ont été intégrées dans un système d'information géographique (SIG). C'est le logiciel ARCVIEW qui a été utilisé car déjà en possession de l'IBGE, ceci devant permettre des croisements de données intéressants.

La quatrième et dernière étape a été le calcul des niveaux de bruit sur le territoire de Bruxelles. C'est le logiciel IMMI qui a été utilisé.

Combien ça coûte ?

Le coût se décompose comme suit : 97 400 € pour l'investissement, 75 900 € pour les prestations externes confiées à un bureau d'études et 12 500 € d'achat de bases de données. Le travail en interne représente un temps plein pour 1 personne (valeur année 1999).

La dernière étape de calcul des niveaux sonores a requis les compétences d'acousticiens expérimentés.

La publication

Les cartes de bruit ont été publiées au cours d'une conférence de presse en octobre 2002 par le ministre du Commerce extérieur, de l'Environnement et de la Culture de la région de Bruxelles-Capitale. À l'issue de cette conférence, l'IBGE a dû faire face à une demande importante et très précise de la population. Une brochure a donc été éditée, *La circulation routière et le bruit : une carte pour agir*,

qui présente les différentes cartes de bruit selon l'indicateur Lden et oriente le lecteur dans ses démarches.

Un outil d'aide à la décision

Une carte de conflit a ensuite été réalisée. Elle est le résultat de la confrontation entre les niveaux calculés et les niveaux attendus selon le plan régional d'affectation des sols. Cette carte de conflit indique donc les lieux où l'exposition au bruit routier ne correspond pas à un cadre de vie dit « agréable ». De par la connaissance de la densité de population par secteur statistique, et de la typologie des bâtiments, il est possible d'évaluer le nombre de personnes incommodées par le bruit. Pour Bruxelles, cela représente, durant la période de nuit, 11 % de la population, soit près de 100 000 personnes.

Une stratégie de développement qui prend en compte le bruit

La région Bruxelles-Capitale a utilisé ces cartes d'exposition au bruit routier pour son plan régional de développement (PRD). L'objectif étant de préserver les zones de calme et d'améliorer les situations identifiées comme difficiles. En intégrant les coûts d'isolation de façades, il est possible d'une part d'estimer le financement d'une politique de traitement, et d'autre part de déployer les moyens nécessaires dans le temps.

Plan de lutte

Le plan de lutte contre le bruit 2000-2005 a permis à Bruxelles de se donner les moyens de résoudre les conflits apparaissant sur son territoire, et en particulier pour l'isolement acoustique des logements. Selon la même méthodologie, la carte de bruit ferroviaire des trains, tramways et métro aérien est actuellement en cours de préparation ainsi que celle du bruit de l'aéroport.

Birmingham 4.3

Avec 1 million d'habitants, Birmingham, située au cœur du Royaume-Uni, comporte de nombreuses autoroutes et de nombreuses voies de chemin de fer vers la plupart des grandes agglomérations du pays. Un aéroport international voit passer près de 8 millions de passagers par an.

Description du milieu urbain

- une surface de 330 km²
- un linéaire de voirie de 880 km
- un tissu moyennement dense
- une population de 1 million d'habitants soit une densité de 3 000 hab./km²
- nombreuses industries

Historique

En 1996 a été publié le Livre vert de la Commission européenne sur « La politique future de lutte contre le bruit », à la suite de quoi l'idée des cartes de bruit a fait son chemin. Il semblait en effet nécessaire, suite aux réflexions européennes, de réaliser des cartes de bruit en tant qu'outil puissant dans la lutte contre le bruit en milieu urbain. L'établissement de la carte de bruit de Birmingham est donc un projet ayant réuni plusieurs équipes en interne : le département Environnement, le département Transport, le département Développement économique, et le service Organisation des besoins urbains, ainsi que des équipes externes au niveau régional (West Midlands), l'université de Birmingham et le BRE équivalent du CSTB français.

Objectifs

Les deux principaux objectifs de la ville de Birmingham sont un premier pas vers la réduction du bruit et la constitution d'une plate-forme expérimentale. Mais plus particulièrement à travers la réalisation d'une cartographie sonore urbaine, les objectifs sont déclinés comme suit :

- mesurer l'étendue du problème de bruit ;
- permettre l'accès du public et des politiciens à l'information sur le bruit ;

- fixer des objectifs de réduction du bruit et développer des plans d'action ;
 - en mesurer les effets ;
 - développer des outils de planification stratégique.
- Le gouvernement britannique, dont le soutien a été décisif, souhaitait connaître le degré de réalisation d'une telle cartographie, quels types de décisions pouvaient être prises au niveau local avec quels effets sur le projet en cours ; les facilités et les difficultés, ainsi que le rapport coût / bénéfice d'un projet de cette sorte.

Les choix

La ville de Birmingham a ainsi rassemblé les données d'entrées telles que les flux de trafics, les vitesses moyennes, la localisation géographique des sources sonores et des différents bâtiments, les données météorologiques. La modélisation des 330 km² de surface au sol et des 184 500 bâtiments a donc dû être effectuée. Les 880 km de voies routières (y compris autoroutes) ont été divisés en 1 900 portions de voies, elles-mêmes divisées en 20 880 segments individuels. Le logiciel LIMA a été adopté pour cette modélisation.

Quatre cartographies principales, une par type de bruit, ont été effectuées : routier, ferroviaire, aéroportuaire et industriel, avec la possibilité de les combiner. Les indicateurs de bruit calculés sont des Leq pour les périodes jour et nuit.

Les cartographies établies sont des cartes de bruit en 2D calculées à 4 mètres de hauteur. La hauteur des bâtiments est supérieure à 8 mètres. Lorsqu'elle est inconnue, la hauteur d'un bâtiment a été fixée arbitrairement à 8 mètres.

Quelques difficultés rencontrées

Bruit routier

Des données de trafic routier étant manquantes pour certaines voies, il a été fixé un débit minimum de 2 000 véhicules par jour (jour de semaine). Les vitesses moyennes du flot pour certaines portions ont dû être réajustées à la suite de mesures

sur le terrain. Aucune donnée n'étant disponible pour les vitesses de nuit, il a été pris les mêmes que le jour. Le type de revêtement routier, dont on sait qu'il est un facteur déterminant à haute vitesse, n'a pas été pris en compte pour chaque voie de manière spécifique et a donc été considéré par hypothèse comme identique pour l'ensemble du réseau de voirie.

Bruit ferroviaire

Les informations concernant les sources (niveaux de puissances acoustiques et horaires) étaient approximatives.

Données topographiques et architecturales

Une grande partie des informations numériques a dû être digitalisée manuellement car non satisfaisante au départ. Il s'agissait notamment de clore l'enveloppe d'un groupe de bâtiments afin de les intégrer comme un polygone fermé, de prolonger les lignes de voies afin de les rendre continues, de préciser la largeur des voies routières associées à chaque tronçon, de positionner correctement les rails. Les écrans non spécifiquement acoustiques ont été ignorés.

Combien ça coûte ?

Une large partie du travail a été réalisée en externe, le coût se décomposant comme suit :

- 145 000 £ pour le consultant extérieur incluant l'informatique ;
- 60 000 £ pour des prestations extérieures supplémentaires ;
- 6 000 £ pour l'acquisition des données ;
- 2 000 £ pour l'achat d'ordinateurs ;
- 3 650 £ pour la maintenance annuelle ;

Soit un total de 216 650 £, équivalent à **321 000 €** (valeur année 1999).

Usage

Loin de se réduire à une simple « image » du bruit en vue de contenter les publics et les politiciens, cette cartographie sonore quantifie la population par classes de niveau sonore. Elle a permis de simuler des scénarios afin de tester différentes solutions de lutte contre le bruit et d'en tirer un rapport coût / bénéfice par type de solution, et ce de façon à développer une réelle politique

de lutte contre les nuisances sonores. Par exemple, on constate que 20,6 % de la population est exposée à plus de 60 dB(A) du bruit routier.

Autre exemple, voici le résultat de quelques simulations : la réduction de la vitesse de 80 à 50 km/h sur autoroute permet de diminuer de 0,1% la population exposée à plus de 60 dB(A) quand l'introduction d'un stationnement payant (10 par jour) diminue de 4 % la population exposée à plus de 60 dB(A).

Bordeaux 4.4

La communauté urbaine de Bordeaux (CUB) a été mise en place le 1^{er} janvier 1968. Avec Lille, Lyon et Strasbourg, elle est l'une des quatre communautés urbaines créées par la loi du 31 décembre 1966 ayant fixé le cadre de leurs compétences ou missions. La CUB est la sixième agglomération de France. Elle regroupe 27 communes autour de trois objectifs : réaliser les grands équipements d'agglomération, moderniser les services urbains et développer l'économie locale.

Description du milieu urbain

- un regroupement de 27 communes
 - une surface relativement importante de 550 km²
 - un linéaire de voirie de 2400 km
 - un tissu urbain très varié, des zones urbaines de type centre-ville et des zones agricoles
 - une population de 660 000 habitants soit une densité de 1 200 hab./km⁵
 - un aéroport international avec 49 000 mouvements annuels et 3 millions de passagers en 2005.
- Le territoire comporte la majeure partie de l'aéroport et des zones de bruit s'y rapportant.

Une difficulté administrative

La CUB est une communauté urbaine de première génération sans compétence « environnement » affichée. Ses compétences se limitent entre autres à l'urbanisme (et notamment son PLU), au transport et au cadre de vie. La CUB n'a donc pas vocation à traiter du bruit généré par les routes nationales, les autoroutes ou l'aéroport.

L'agglomération bordelaise au sens de l'Insee regroupe quant à elle 54 communes dont 26 des 27 communes de la CUB. Néanmoins, la CUB a travaillé depuis des années pour la réduction du bruit sur son territoire notamment en réalisant des études de bruit.

Historique

En 1998, c'est à partir de la campagne de comptage des véhicules sur le réseau de voirie qu'un premier recensement des voies bruyantes

(plus de 5 000 véhicules/jour) et un premier classement des 1200 tronçons routiers ont été faits par la CUB. Cependant, à la date du 1^{er} janvier 2006, le classement sonore des voies, tel que prévu par la réglementation, n'a toujours pas fait l'objet d'un arrêté préfectoral.

Cependant, c'est bien sur la base de la connaissance du trafic routier de 1998 sur le territoire de la CUB qu'une cartographie sonore a été réalisée en 2003. Et à ce jour, son extension à l'ensemble des communes constituant l'agglomération bordelaise n'est pas sans poser quelques problèmes.

Objectif et résultats

L'objectif de la cartographie sonore était d'acquérir une réelle connaissance des nuisances sonores sur le territoire de la CUB. Le travail a été confié à un bureau d'études, qui a réalisé en complément des données de trafic une campagne de mesures acoustiques de validation. Une quarantaine de points de mesures ont été identifiés comme représentatifs des différents types de voiries (zones piétonnes, urbain dense, autoroutes, ferroviaire, etc.). Selon la variabilité des niveaux sonores des différentes voiries au cours de la journée ou de la semaine, trois types de mesures sonométriques ont été réalisées : une première série mesures de courte durée (1/4 d'heure), une deuxième série moyenne durée (1 journée) et une troisième série longue durée (1 semaine). Ces mesures ont permis de caler et d'ajuster les valeurs calculées par le logiciel et de vérifier que les niveaux sonores calculés étaient bien représentatifs de ceux mesurés.

Deux cartographies, pour les périodes diurne et nocturne, ont été établies à l'aide du logiciel Cadna-A. Elles intègrent les niveaux sonores produits par les voies ferrées. Le PEB de l'aéroport a tout simplement été « superposé » aux bruits routier et ferroviaire. Le bruit des industries n'apparaît pas.

La cartographie a été réalisée en 2 dimensions et demi (2D1/2). L'emprise au sol des bâtiments a été cartographiée puis la hauteur des bâtiments a été définie comme la hauteur maximale autorisée dans le PLU (hauteur non mesurée). À première vue, cette méthode donne une bonne approximation de la réalité.

Les murs non spécifiquement antibruit n'ont pas été pris en compte, ce qui peut donner quelques aberrations sur certains points comme les murs d'enceinte de zones telles que parcs, jardins ou cimetières.

Une carte de conflit a finalement été élaborée en comparant la carte de bruit établie avec une carte des ambiances souhaitées par les dispositions du PLU en vigueur. Cette carte de bruit attendu a été réalisée en affectant a priori des niveaux sonores à chaque zone du PLU. On a ainsi défini des seuils de sensibilité pour les zones « habitat » et « sport et loisirs » à 55 dB(A) de jour et 45 dB(A) de nuit, pour les zones « centre-ville » et « agricoles » à 65 dB(A) de jour et 55 dB(A) de nuit et enfin pour les zones « activités économiques » et « non constructibles » à 70 dB(A) de jour et 65 dB(A) de nuit. En superposant la carte de bruit calculé avec la carte de bruit attendu, on met en évidence les zones où les niveaux sont dépassés. Elles constituent de ce point de vue une cible particulière pour les plans d'action à venir.

En ce qui concerne l'exposition au bruit de la population :

- **de jour**, 59% de la population se trouve dans des zones calmes exposées à moins de 55 dB(A) et 13% de la population est exposée à plus de 65 dB(A) ;
- **de nuit**, 55% de la population se trouve dans des zones calmes exposées à moins de 45 dB(A) et 20% de la population est exposée à plus de 55 dB(A).

Cette cartographie est aujourd'hui à réactualiser compte tenu de la modification des trafics, et notamment avec la mise en place du réseau de tramway, dans une perspective de 15 ans.

Combien ça coûte

Le coût global estimé pour la réalisation de cette cartographie est d'environ **100 000 €** et correspond à la prestation du bureau d'études.

La cartographie : un élément parmi d'autres

La cartographie sonore de la CUB et en particulier sa mise à jour et sa densification dans les zones de conflits est une des mesures parmi d'autres de mise en œuvre de la « Charte de l'environnement vers le développement durable ». Cette dernière comporte d'ailleurs six grands chapitres : paysages, bruit, risques, énergie, eau et déchets.

C I N Q U I È M E C H A P I T R E

Données d'entrée nécessaires et pertinentes

La carte de bruit est destinée à fournir une représentation graphique des sources de bruit, de leur propagation et au final de l'exposition des populations.

Les méthodes de calcul disponibles pour l'évaluation des indicateurs acoustiques requièrent le chiffrage de l'émission sonore de toutes les sources concernées et le calcul de sa propagation dans l'espace, afin d'en déduire le bruit reçu au droit des récepteurs, qu'ils se situent en façade de bâtiments ou dans des espaces plus dégagés.

Le chapitre 3 présente différents aspects touchant à l'organisation, au recueil et à la mise en forme des données d'entrée. Le chapitre 3.2 en particulier présente différentes bases de données disponibles et propose, en l'absence de ces données, quelques approximations. Le présent chapitre vient en complément et détaille, source par source, les paramètres qui influent sur leur émission sonore. Il fournit également quelques exemples de traitement technique de ces données.

Le présent chapitre aborde les connaissances et les bases de données exploitables, nécessaires pour les calculs.

Parmi les sources d'information aujourd'hui disponibles sur les émissions sonores, on trouve le classement sonore des infrastructures de transports terrestres et parfois des résultats issus de mesures *in situ* permanentes (observatoires) ou ponctuelles.

Le classement sonore des infrastructures de transports terrestres est une démarche réglementaire prise en application de l'article L571-10 du code de l'environnement, du décret n°95-21 du 9 janvier 1995 et de l'arrêté du 30 mai 1996, qui imposent au préfet de chaque département le classement des infrastructures de transports terrestres selon 5 catégories (1 étant la plus bruyante et 5 la moins bruyante). Ces catégories dépendent du niveau d'émission sonore des infrastructures, caractérisées par les niveaux sonores de référence de jour $L_{Aeq,réf}(6h-22h)$ et de nuit $L_{Aeq,réf}(22h-6h)$, eux-mêmes calculés à partir de données descriptives de la géométrie des infrastructures routières et ferroviaires (largeur, rampe, proximité bâtie...)

et d'une description du trafic qu'elles supportent (débit et nature des véhicules, vitesses...). Son contenu est détaillé dans les chapitres 5.1.3 et 5.2.4. Pour l'élaboration des cartes de bruit, il convient d'associer les cellules de comptage de trafic pour lesquelles on dispose d'une bonne connaissance.

La deuxième source d'information possible sont les mesures acoustiques sur site. Les méthodes de mesurage à utiliser sont rappelées au chapitre 3.3 et des détails, source par source, sont présentés dans les chapitres suivants.

Dans la pratique, on pourra avoir recours à des mesures sur site pour :

- quantifier certaines valeurs d'émission, comme celles produites par des sources spécifiques (installations industrielles, tramways, hélicoptères, trafic fluvial ou certaines zones frontalières) ;
- qualifier l'exposition de secteurs à forte sensibilité (zones calmes).

En dehors de ces domaines d'application, il n'est pas souhaitable de procéder à des mesures pour déterminer des valeurs d'émission ou d'exposition sonore des sources visées par les cartes de bruit stratégiques. En revanche, s'il existe des bases de données de mesures, elles peuvent toujours être utilisées pour caractériser et affiner le calage des sources qu'elles concernent.

Émission sonore d'une infrastructure routière 5.1

Les travaux réalisés depuis une trentaine d'années par l'Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) ont permis de préciser les principaux facteurs influençant l'émission sonore des véhicules. Ce sont :

- le trafic : composition et débit ;
- la vitesse ;
- l'allure des véhicules ;
- la rampe ou le profil en long ;
- la nature du revêtement de chaussée.

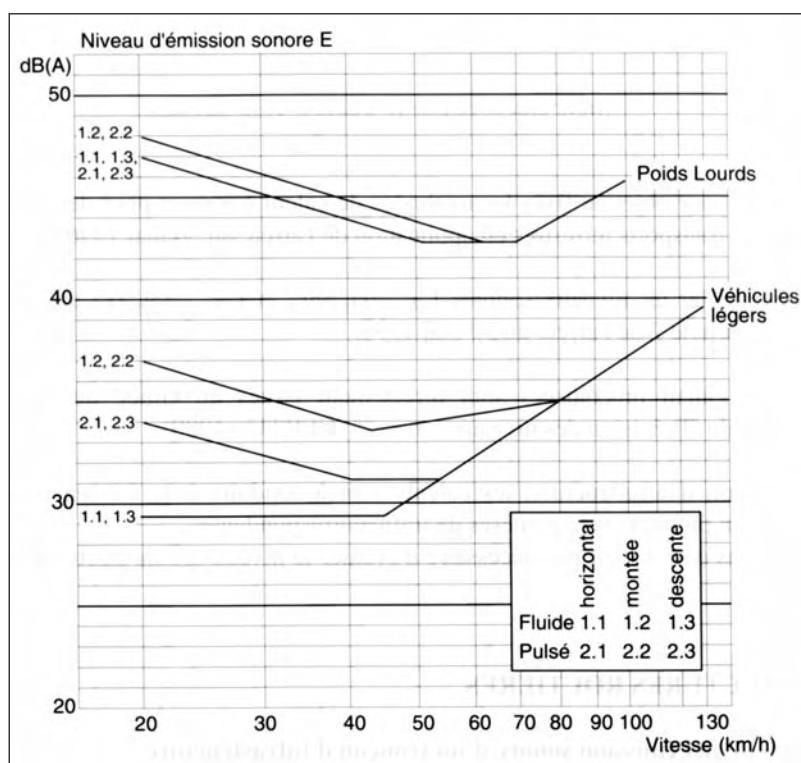
La méthode française de quantification des émissions sonores utilisées dans la Nouvelle méthode de prévision du bruit (NMPB-Routes-96) est basée sur un grand nombre de mesures directes sur site. Elles sont synthétisées dans la famille d'abaques ci-après.

Chaque abaque indique par lecture directe la valeur du niveau sonore $Leq(1 \text{ heure})$ exprimée en dB(A), niveau sonore dû à la circulation d'un véhicule léger ou d'un poids lourd par heure pour un type d'écoulement (fluide ou pulsé) et un type de profil en travers (horizontal, montée, descente) en fonction de leur vitesse. Le niveau sonore généré par un trafic de Q véhicules est ensuite donné par la formule générale :

$$Leq(Q \text{ véhicules}) = Leq(1 \text{ véhicule}) + 10 \log Q$$

Cet abaque a été établi à la fin des années 70. Depuis, de nombreuses améliorations ont été apportées aux véhicules routiers et les données d'émissions unitaires sont actuellement en cours de révision. Les nouveaux abaques proposeront également des valeurs d'émission sonore variables en fonction de la nature du revêtement de chaussée. La parution des nouveaux abaques n'invalidera pas les cartes de bruit faites avec les abaques précédents.

Extrait Guide du bruit des transports terrestres



5.1.1 Les données de trafic

Les trafics en milieu urbain présentent des variations souvent importantes d'une heure à l'autre (alternance entre heures creuses et heures de pointe), mais sont généralement très stables au fil des jours. Les graphiques ci-après montrent la fluctuation des trafics pendant une quinzaine de jours sur un périphérique lyonnais. Ils évoluent autour d'une courbe moyenne tracée en vert pour les jours ouvrables et en rouge pour les week-ends. L'axe des ordonnées représente le pourcentage de chaque heure par rapport au trafic total sur 24 heures.

Les flux de circulation sont eux très changeants d'une section à l'autre, les points de changement étant généralement nombreux et rapprochés en zone urbaine.

Les postes de comptage permanents avec mémorisation des données (type Siredo) sont peu répandus hors VRU ; hormis les postes actifs dans les systèmes de gestion du trafic, les capteurs installés dans les carrefours pour la gestion des feux fournissent des informations en temps réel rarement sauvegardées.

L'indicateur chiffré à rechercher est le trafic moyen horaire (TMH) pour chacune des trois périodes réglementaires fixées par la directive européenne,

à savoir pour la France le jour (6-18h), la soirée (18-22h) et la nuit (22-6h). Cet indicateur généralement disponible en tous véhicules (TV) doit ensuite pouvoir être décomposé par catégories de véhicules, en tenant compte au minimum d'un pourcentage de véhicules légers (PTC < 3,5 tonnes) et d'un pourcentage de véhicules lourds (PTC > 3,5 tonnes).

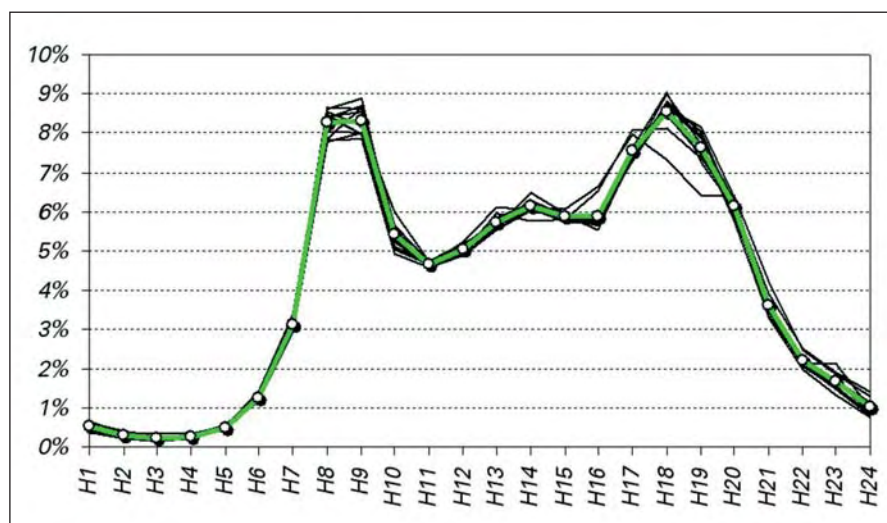
Faute de données disponibles et fiables, il est possible d'apporter quelques simplifications :

- les véhicules utilitaires sont assimilés à des véhicules légers ;
- pas de différenciation entre véhicules lourds inférieurs ou supérieurs à 12 tonnes ;
- les bus sont assimilés à des véhicules lourds (majorant par rapport à la réalité) ;
- les deux-roues ne sont pas pris en compte.

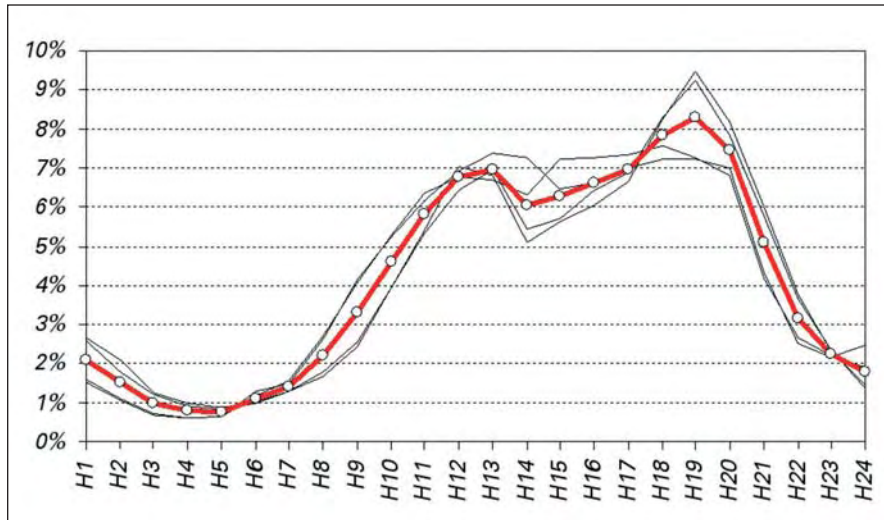
À défaut de détenir les données d'émission (trafics...) sur les trois périodes journée, soirée et nuit, les trafics sur les périodes (6h-22h) et (22h-6h) peuvent permettre d'obtenir les niveaux de bruit LAeq(6h-22h) et LAeq(22h-6h).

Il n'y a pas d'enjeu fort à considérer provisoirement que les niveaux sonores LAeq(6h-18h) et LAeq(18h-22h) sont égaux au LAeq(6h-22h). Cette approximation permet de calculer le niveau de bruit en Lden.

Exemple d'évolution des trafics sur plusieurs jours ouvrables (N383 Lyon)



Exemple d'évolution des trafics sur plusieurs jours de week-end (N383 Lyon)



5.1.1.1 Les résultats de modèles d'affectation de trafic (type DAVISUM, EMME2, TRIPS32...)

Les modèles d'affectation de trafic sont des outils mis au point pour simuler l'évolution des déplacements sur un territoire donné. Ceux développés pour le milieu urbain disposent de fonctionnalités spécifiques comme la prise en compte des modes de transports multiples, l'offre de transports en commun ou les différents motifs de déplacement.

Les versions actuelles des outils d'affectation sont de véritables systèmes d'informations géographiques basés sur un géoréférencement. Mais parfois, notamment lorsque les modèles datent, le référentiel utilisé est assez schématisé (simplification des carrefours et de la géométrie des rues notamment).

Le territoire couvert par le modèle est découpé en zones. La donnée de base utilisée par le modèle est contenue dans une matrice O/D (origine/destination) qui donne le nombre de déplacements générés à partir d'une zone *i* pour rejoindre une zone *j* par unité de temps ; on prend en compte généralement l'heure de pointe du matin (HPM) et l'heure de pointe du soir (HPS), parfois l'heure moyenne (HM) ou l'heure creuse (HC). Ces données de base sont issues d'enquêtes ménages ; on connaît également les motifs de déplacement (domicile/travail, service, loisirs, livraison...) et les modes de transports utilisés.

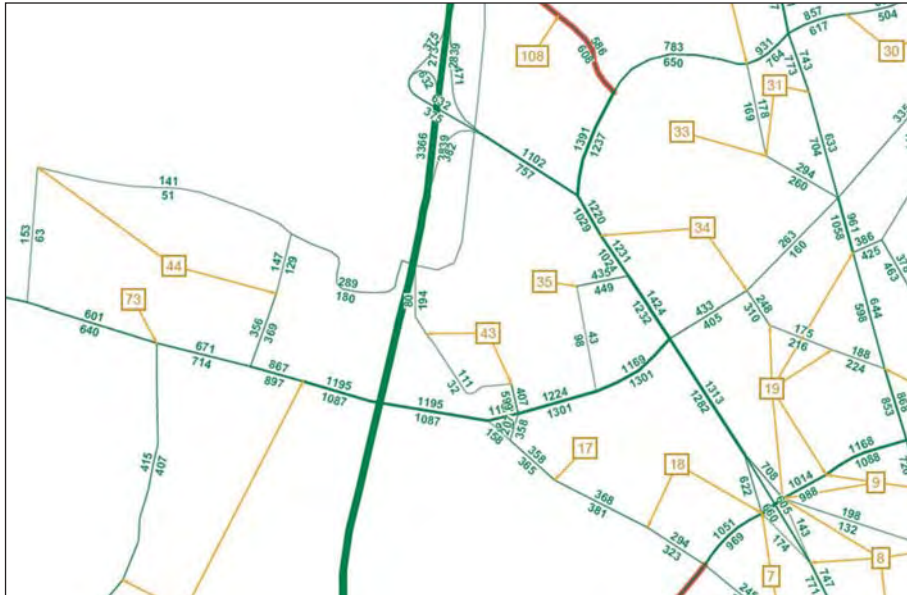
Le but du modèle d'affectation est de trouver un itinéraire pour chaque couple O/D en considérant le coût généralisé de chaque déplacement. Ce coût est fonction de la distance, du temps de parcours et d'éventuels péages.

L'algorithme d'affectation repose sur le principe de la dynamique des flux. Il est itératif et débouche sur une situation d'équilibre tenant compte notamment des paramètres de chaque section (capacité, mouvements autorisés ou interdits dans les carrefours...).

La première étape de l'établissement d'un modèle consiste à régler ces paramètres. Ce calage se fait à partir de comptages. La précision du calage dépend bien évidemment de la densité des comptages. La précision est généralement adaptée et suffisante pour une utilisation dans le domaine de l'acoustique, peu sensible aux variations de trafic.

Une fois la situation actuelle reconstituée, il est possible de projeter la matrice O/D pour un horizon donné, voire modifier le schéma de voirie pour tester les effets d'un plan de circulation, d'un plan de déplacements urbains ou de la mise en service de nouvelles infrastructures.

Exemple de résultats d'un modèle d'affectation de trafic (agglomération de Chalon-sur-Saône)



Les résultats sont toujours exprimés en unités de véhicule particulier (UVP), la règle étant :
1 VL = 1 UVP et 1 PL = 2 UVP) pour une période donnée (HPM, HPS, HM ou HC).

Le passage des UVP au TV suppose d'avoir une idée du pourcentage de poids lourds (%PL) présent sur les différentes sections. Les formules sont alors les suivantes :

$$TV = \frac{UVP}{1 + \left(\frac{\%PL}{100}\right)}$$

$$PL = \frac{UVP \times \left(\frac{\%PL}{100}\right)}{1 + \left(\frac{\%PL}{100}\right)}$$

$$VL = \frac{UVP \times \left(1 - \left(\frac{\%PL}{100}\right)\right)}{1 + \left(\frac{\%PL}{100}\right)}$$

La détermination du pourcentage de PL n'est pas toujours aisée, faute de postes de comptages adaptés. Il est toujours possible de recourir à des valeurs moyennes qui minimisent l'écart avec la réalité. Le guide Certu Classement sonore des infrastructures de transports terrestres de mars 1998 propose en milieu urbain dense les %PL moyens suivants :

- voie de transit (voir définition en annexe) : très variable, entre 5 et 15% ;
- voie artérielle de type inter-quartier : entre 5 et 10% ;
- voie artérielle desservant une zone industrielle ou commerciale : jusqu'à 10% ;
- voie de distribution : inférieur à 5% ;
- voie de desserte : négligeable.

L'enjeu reste globalement faible puisque à débit constant, l'augmentation du niveau sonore peut être estimée à environ +1 dB(A) par tranche de 10% de pourcentage poids lourds supplémentaire.

5.1.1.2 Le passage de l'HPM ou de l'HPS à l'HM

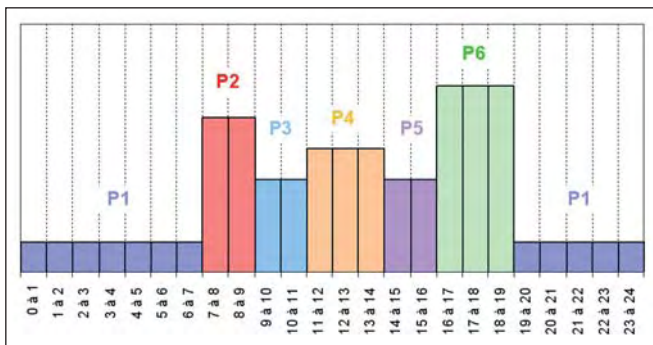
On suppose que le passage du TMJA au TMH (jour, soir nuit) est connu.

Pour passer du trafic heure de pointe au trafic total sur 24 heures, il est nécessaire de connaître le plus précisément possible les profils types de distribution des flux sur les 24 heures.

Les 24 heures d'une journée peuvent être décomposées de la manière suivante (source MVA établie à partir de constats effectués sur l'agglomération de Saint-Étienne) :

- P1 = heure creuse de nuit ;
- P2 = heure de pointe du matin ;
- P3 = heure creuse du matin ;
- P4 = heure de pointe de midi ;
- P5 = heure creuse de l'après-midi ;
- P6 = heure de pointe du soir.

Délimitation des périodes



Des variations sont possibles notamment en fonction de la taille de l'agglomération.

Sur les 24 heures et à partir d'une observation fine des comptages, il est possible de définir un trafic moyen horaire pour les six périodes précédentes constitutives de la journée :

- QP1 = trafic moyen heure creuse de nuit (19h-7h) ;
- QP2 = trafic moyen heure de pointe du matin (7h-9h) ;
- QP3 = trafic moyen heure creuse du matin (9h-11h) ;
- QP4 = trafic moyen heure de pointe de midi (11h-14h) ;
- QP5 = trafic moyen heure creuse de l'après-midi (14h-16h) ;
- QP6 = trafic moyen heure de pointe du soir (16h-19h).

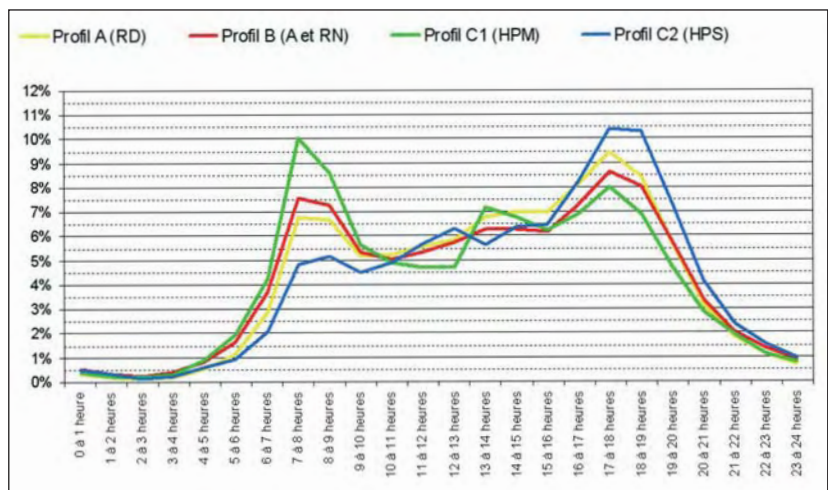
Le trafic total 24 heures est donné par la formule : $Q_{24h} = 12QP1 + 2QP2 + 2QP3 + 3QP4 + 2QP5 + 3QP6$

Selon la fonction de la voie, des profils de trafics types peuvent être définis. L'étude MVA « Évaluation de l'impact sur les émissions de polluants des PDU et DVA – Exemple de Saint-Étienne » réalisée en

octobre 2000 pour le compte de l'Adème (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), du Certu (Centre d'études sur les réseaux, les transports et l'urbanisme) et du ministère de l'Environnement propose une classification des voies stéphanoises en 6 catégories (4 pour les véhicules légers et 2 pour les poids lourds), correspondant chacune à un profil de trafic particulier :

- Profil A = véhicules légers sur route départementale avec profil symétrique ;
- Profil B = véhicules légers sur autoroute et route nationale avec profil symétrique ;
- Profil C1 = véhicules légers sur route quelconque avec profil asymétrique (où HPM > HPS) ;
- Profil C2 = véhicules légers sur route quelconque avec profil asymétrique (où HPM < HPS) ;
- Profil D = poids lourds sur voie communale ;
- Profil E = poids lourds sur autoroute, route nationale et départementale.

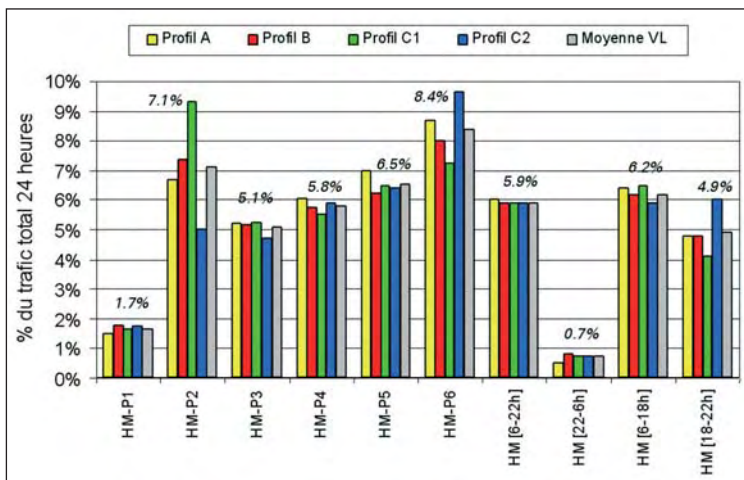
Exemple d'évolution des trafics de véhicules légers en fonction du profil de la voie (agglomération de Saint-Étienne)



On constate que les profils A et B sont, à peu de variations près, équivalents. On constate également que sur les 4 périodes de référence analysées, les quatre profils sont assez homogènes ; en terme de décibels, l'écart sur les différents indicateurs (L_{Aeq}[6-22h], L_{Aeq}[22-6h] et L_{den}) reste toujours inférieur à 1 dB(A).

Nous proposons donc d'utiliser pour chaque période la moyenne véhicules légers mentionnée en gris dans l'histogramme ci-après :

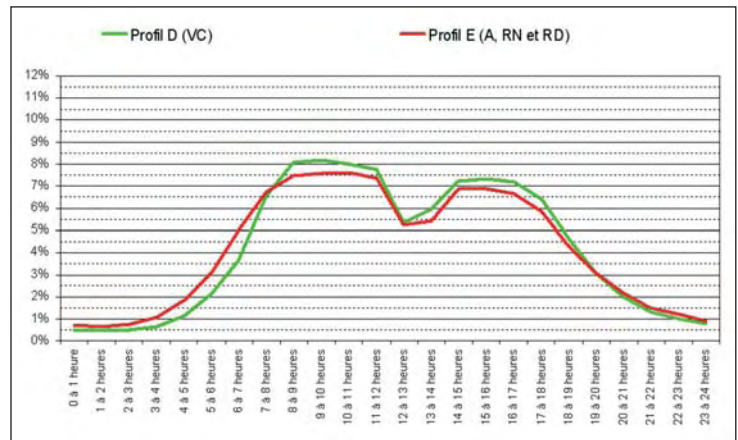
Exemple de répartition des trafics de véhicules légers en fonction de la période de la journée et du profil de la voie (agglomération de Saint-Étienne)



- HM-P1=H moyenne sur P1 [19-7h] (heure creuse de nuit) ≈ 1,5%
- HM-P2=H moyenne sur P2 [7h-9h] (heure de pointe du matin) ≈ 7%
- HM-P3=H moyenne sur P3 [9h-11h] (heure creuse du matin) ≈ 5%
- HM-P4=H moyenne sur P4 [11h-14h] (heure de pointe de midi) ≈ 6%
- HM-P5=H moyenne sur P5 [14h-16h] (heure creuse de l'après-midi) ≈ 6,5%
- HM-P6=H moyenne sur P6 [16h-19h] (heure de pointe du soir) ≈ 8,5%

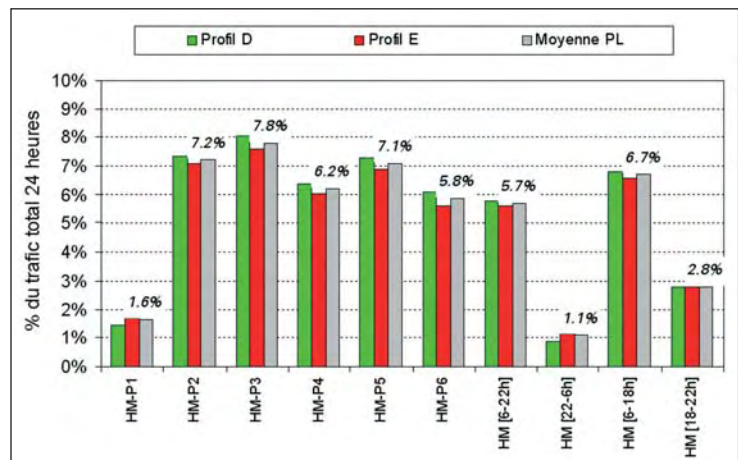
- HM-[6-22h] = H moyenne sur la période diurne ≈ 6%
- HM-[22-6h] = H moyenne sur la période nocturne ≈ 0,5%
- HM-[6-18h] = H moyenne sur la période de jour ≈ 6%
- HM-[18-22h] = H moyenne sur la période de soir ≈ 5%

Exemple d'évolution des trafics de véhicules lourds en fonction du profil de la voie (agglomération de Saint-Étienne)



Sur les deux profils poids lourds proposés, on constate qu'eux aussi et à peu de variations près sont équivalents. Nous proposons d'appliquer une moyenne entre les deux profils telle que figurée en gris dans le tableau ci-dessous.

Exemple d'évolution des trafics de véhicules lourds en fonction de la période de la journée et du profil de la voie (agglomération de Saint-Étienne)



5.1.2 Les caractéristiques des infrastructures

5.1.2.1 La vitesse

Les relations entre émission sonore et vitesse sont complexes.

L'émission sonore d'un véhicule se caractérise par une combinaison du bruit émis par le groupe moto-propulseur (moteur, admission, transmission, échappement, ventilateur...) et du bruit produit par le contact pneumatiques / chaussée. Pour les véhicules légers, le passage d'une prédominance du bruit mécanique à une prédominance du bruit de contact se situe autour de 60 km/h, tandis que pour les poids lourds, la limite se situe plutôt entre 70 et 80 km/h.

En centre-ville, où les vitesses sont généralement inférieures à ces seuils, on constate que la vitesse influe peu sur le niveau sonore ; c'est surtout le régime moteur et donc le caractère fluide ou pulsé de la circulation qui conditionnent le bruit émis.

Plus élevée, la vitesse devient un facteur essentiel, ce qu'illustre bien la famille d'abaques présentée en introduction. À partir d'une certaine valeur, l'émission sonore d'un véhicule croît proportionnellement à sa vitesse et la loi de variation est une fonction logarithme du carré de la vitesse (ou encore en 20 fois le logarithme de la vitesse).

Les données relatives aux vitesses moyennes des flots de véhicules ne peuvent être connues avec précision qu'à partir de comptages ; ils sont malheureusement peu nombreux en milieu urbain, où leur fluctuation peut être rapide le long d'un axe et leur représentativité faible. Les modèles d'affectation de trafic disposent généralement de données sur les vitesses moyennes pratiquées par périodes.

En milieu urbain, dans les secteurs où la congestion reste modérée, il est possible de retenir en première approche la vitesse réglementaire pour chaque catégorie de véhicules. Cette approximation conduit généralement à une erreur acceptable inférieure à 2 dB(A) en terme d'émission, sauf dans les rues

de l'hyper-centre où la vitesse en période diurne est souvent très inférieure à la vitesse réglementaire.

Lorsque des situations congestionnées deviennent récurrentes et qu'elles sont susceptibles d'influer fortement sur le calcul de l'émission sonore, il est conseillé d'utiliser des données plus fines établies à partir de relevés, l'idéal étant la valeur V50 (médiane des vitesses) ou la valeur V85 (vitesse atteinte ou dépassée par 85% des véhicules) pour une période donnée d'observation (idéalement 1 heure).

Sur la base des 6 périodes définies dans le chapitre consacré aux trafics, les vitesses moyennes horaires pour les différentes périodes acoustiques de référence peuvent être déterminées à partir des formules suivantes :

- $V[6-22h] = (2V[P2] + 2V[P3] + 3V[P4] + 2V[P5] + 3V[P6] + 4V[P1])/16$
- $V[22-6h] = V[P1]$
- $V[6-18h] = (V[P1] + 2V[P2] + 2V[P3] + 3V[P4] + 2V[P5] + 2V[P6])/12$
- $V[18-22h] = (V[P6] + 3V[P1])/4$
- Avec P_i = intervalles de temps définis au chapitre 5.1.1.2

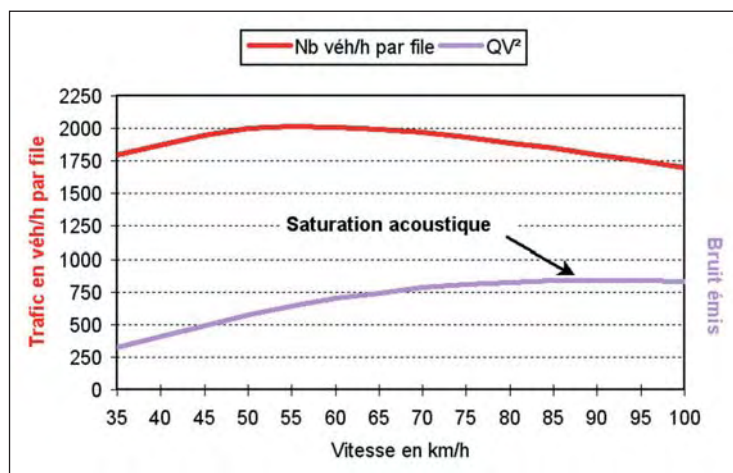
Ces vitesses peuvent être appliquées aux véhicules légers, aux poids lourds et étendues aux transports en commun lorsque ces derniers sont intégrés à la circulation générale. En présence d'un site propre, une moyenne plausible de 40 km/h peut être utilisée quelle que soit la période.

Les évolutions des débits et des vitesses sont fortement interdépendantes, notamment en milieu urbain où les congestions sont fréquentes. À partir d'un couple (débit, vitesse) dépendant de la géométrie de la voie, l'émission sonore atteint un maximum. C'est ce qu'on appelle le « seuil de saturation acoustique » de la voie. Il correspond généralement à un trafic compris entre 800 véh/h et 1000 véh/h par file de circulation, soit :

- environ 25 000 véh/j pour une infrastructure à 2 voies ;
- environ 60 000 véh/j pour une infrastructure à 2x2 voies ;
- environ 90 000 véh/j pour une infrastructure à 2x3 voies.

Le graphique ci-après illustre ce propos en présentant une courbe d'évolution du débit en fonction de la vitesse et du bruit émis pour une file de circulation (source *Highway capacity manuel* et *Guide du bruit*). Il est utilisable sur voies rapides.

Courbe de relation entre débit / vitesse et bruit émis



Ce graphique peut être amené à être modifié une fois les abaques du guide du bruit révisés.

En milieu urbain (hors voie rapide), on notera que la capacité d'une voie n'est pas liée à sa géométrie mais à la capacité des carrefours qui la jalonnent.

5.1.2.2 Le type d'écoulement

Le « type d'écoulement » appelé également « allure de circulation » prend en compte les accélérations ou décélérations des véhicules, c'est-à-dire le régime moteur.

On distingue essentiellement deux types d'écoulements :

- l'écoulement fluide continu : lorsque les véhicules ont une vitesse sensiblement constante sur le tronçon de route étudié. C'est typiquement le cas des itinéraires dépourvus de carrefours à feux comme les axes de transit ou des voies de distribution et de desserte ;
- l'écoulement pulsé indifférencié : lorsque la vitesse des véhicules n'est pas stabilisée et que de nombreux véhicules sont soit en accélération soit en décélération. C'est le cas des itinéraires avec nombreux carrefours à feux comme les voies artérielles.

À vitesse identique, un trafic pulsé est toujours plus bruyant que le même trafic fluide. Cet effet est surtout sensible aux basses vitesses et n'a quasiment plus d'influence sur l'émission acoustique à partir d'une vitesse de 50 km/h.

Tableau des classes de voies en fonction du type de voie, des classes de vitesses et du type d'écoulement

Type de voie	Vitesse VL	Vitesse VL	Vitesse VL	Vitesse VL
Zone « 30 »	30 km/h	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Nombreux carrefours à feux ou rue congestionnée	30 km/h	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Artère urbaine prioritaire avec carrefours peu importants	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h
VRU à carrefours non dénivélés, rocade	70 km/h	70 km/h	70 km/h	70 km/h
Route interurbaine à une seule chaussée et déviation	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h
Voie express, route interurbaine à chaussées séparées, VRU à caractère autoroutier	110 km/h	110 km/h	110 km/h	110 km/h
Autoroute	130 km/h	130 km/h	130 km/h	130 km/h

Ce tableau peut être amené à être modifié une fois les abaques du guide du bruit révisés.

La classe vitesse/écoulement VE1 correspond aux zones 30, où la vitesse des véhicules est limitée à 30 km/h. Dans ces rues, la vitesse est faible mais elle peut être considérée comme fluide (conduite dite « apaisée »). On prendra garde toutefois au fait que toutes les zones 30 ne sont pas pour autant « efficaces » en terme de gain acoustique (notamment lorsque les aménagements laissent la possibilité de rouler à des vitesses plus élevées) et que dans certains cas, il est plus réaliste de classer la voie en classe VE2.

La classe VE2 correspond au cas typique des rues de centre-ville, où la présence conjuguée de nombreux carrefours et d'une forte densité de circulation limitent la vitesse et entraînent de nombreux arrêts et redémarrages. À trafic identique, la différence entre VE1 et VE2 peut atteindre 3 dB(A).

La classe VE3 est utilisée pour les artères urbaines où la vitesse est limitée à 50 km/h et où la circulation reste fluide. C'est le cas également des traversées de petites agglomérations.

Dans les autres situations, on utilise les classes vitesse/écoulement VE4 à VE7.

5.1.2.3 La rampe ou le profil en long

L'effet de rampe est acoustiquement assez difficile à appréhender, dans la mesure où il modifie à la fois l'émission des véhicules (régime moteur) mais aussi leur vitesse :

- à vitesse égale, un véhicule est plus bruyant en montée que sur route horizontale du fait de son régime moteur plus élevé. Cet effet est surtout sensible en deçà de 70 km/h pour les véhicules légers et en deçà de 60 km/h pour les poids lourds ;
- la vitesse moyenne diminue avec la rampe.

La rampe n'ayant une influence que sur le bruit moteur, on peut considérer qu'elle est sans effet pour les classes vitesse/écoulement VE4 à VE7.

La rampe reste en revanche un facteur important lorsque les vitesses sont inférieures ou égales à 50 km/h et donc en milieu urbain.

Dans la pratique, il serait illusoire de chercher à prendre en compte une valeur précise de rampe pour connaître son influence sur l'émission acoustique. On peut se limiter à deux situations, une « horizontale » et l'autre « en rampe », en considérant un tronçon d'infrastructure en rampe lorsque sa pente moyenne est supérieure à 2%. C'est l'option prise par la plupart des logiciels de cartographie du bruit.

Pour les trois premières classes vitesse/écoulement concernées par un effet de rampe, un ordre de grandeur de l'influence de la rampe est donné dans le tableau suivant :

Tableau d'évaluation de l'effet acoustique d'une rampe par rapport à une section horizontale en fonction des classes de voies et des classes de vitesses

Classe de la voie	Vitesse / Écoulement	Effet de rampe / situation horizontale
VE1	30 km/h, fluide	2 à 5 dB(A)
VE2	30 km/h, pulsé	environ 2 dB(A)
VE3	50 km/h, fluide	de 1 à 3 dB(A)

Ce tableau pourra être modifié une fois les abaques du guide du bruit révisés.

Pour comprendre le phénomène, il peut être utile également de prendre en compte le sens de circulation, car si les véhicules montants sont plus bruyants, les véhicules descendants émettent sensiblement le même bruit que sur une portion de route horizontale. Exception faite des poids lourds pour lesquels le freinage au frein moteur en descente peut être pénalisant.

La conséquence directe est que sur une voie à double sens l'effet de rampe est plus réduit que sur une voie à sens unique montant car il n'affecte que le trafic montant.

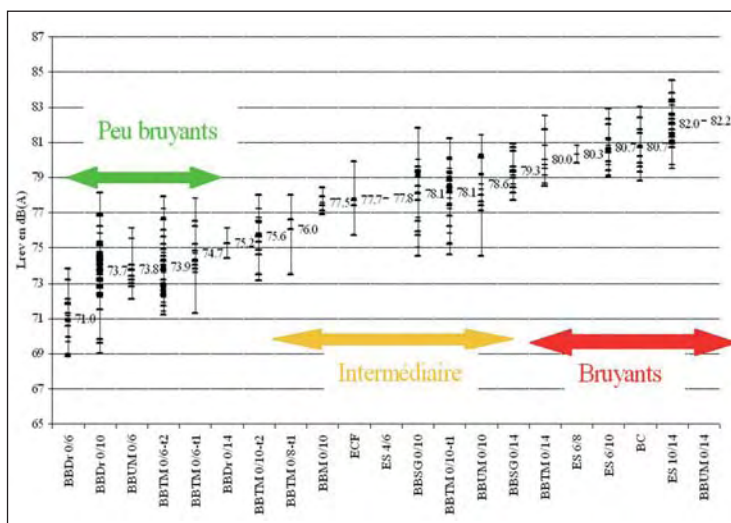
Pour simplifier, on retiendra que l'effet de rampe sur une voie à double sens est de l'ordre, de 1 dB(A) si on ne prend pas en compte de diminution de la vitesse, et de 3 dB(A) si on retient un passage de VE3 à VE2.

5.1.2.4 Le revêtement de chaussée

Le revêtement de chaussée est un paramètre important dans l'émission sonore d'une voie.

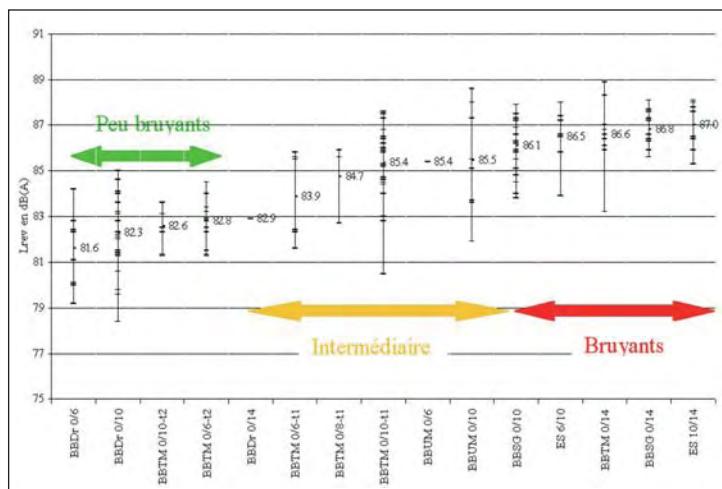
En bordure de voie, les écarts peuvent être importants. Le réseau des laboratoires régionaux des ponts et chaussées alimente régulièrement une base de données mesurées sur la caractérisation sonore des revêtements de chaussée. Les deux synthèses ci-après montrent le niveau d'émission sonore (noté L_{Amax}) en fonction des différents types de revêtements. Le premier graphique correspond aux véhicules légers et le second aux poids lourds

Base de données de l'émission sonore d'un véhicule léger en fonction du revêtement



Source laboratoire régional des ponts et chaussées de Strasbourg

Base de données de l'émission sonore d'un véhicule lourd en fonction du revêtement



Au rang des revêtements les moins bruyants, on trouve les bétons bitumineux drainants 0/10 ainsi que les bétons bitumineux très minces et ultra minces à faible granulométrie 0/6. En comparaison avec des revêtements plus classiques, des différences de niveaux sonores allant jusqu'à 8 dB(A) ont ainsi pu être mesurées en bordure de voie. Ces différences vont diminuant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source.

Le revêtement concerne principalement le bruit généré par le contact pneumatique / chaussée ; il constitue donc un facteur surtout sensible à vitesses élevées lorsque cette source devient prédominante. À faible vitesse et donc notamment en milieu urbain, l'influence du revêtement est moindre.

5.1.2.5 Les différentes catégories de voies en milieu urbain

Voie de transit : (en bleu sur la planche d'illustration) cette voie écoule la circulation de transit au niveau de l'ensemble d'une agglomération à vitesse souvent élevée (90 km/h voire 110 km/h). Appartient à cette catégorie :

- les autoroutes de liaison ou de dégagement dans la traversée de l'espace urbain ;
- les voies rapides urbaines comme les pénétrantes, les rocades et les routes express ;

- les itinéraires assurant la continuité du réseau national en milieu urbain ;
- les grands boulevards de ceinture ou de pénétration.

Voie artérielle : (en violet sur la planche d'illustration) sa fonction est de relier entre eux différents quartiers de la ville avec un débit maximum et une vitesse parfois élevée (50 à 80 km/h). Cette catégorie couvre essentiellement :

- les boulevards à carrefours peu nombreux, dotés de bonnes caractéristiques permettant des flux importants, directement branchés sur le réseau extérieur de transit ;
- les avenues à nombre de carrefours non strictement limités, dotées de caractéristiques moyennes permettant de bons débits à vitesse moyenne, assurant la diffusion des flux vers les voies de distribution ;
- les bretelles reliant deux voies de transit.

Voie de distribution : (en rouge sur la planche d'illustration) elle assure des déplacements internes aux quartiers à vitesse réduite (50 km/h). Cette catégorie couvre notamment :

- les grandes rues de l'agglomération (qui ne constituent pas des voies artérielles) ;
- les bretelles d'accès à des voies artérielles ou de transit ;
- les voies latérales aux voies rapides urbaines.

Voie de desserte : (en jaune sur la planche d'illustration) elle permet l'accès aux habitations et aux diverses activités urbaines à très faible vitesse (50 voire 30 km/h). On classe dans cette catégorie :

- les rues, ruelles, passages, impasses (qui ne constituent pas des voies de distribution), n'écoulant qu'un faible trafic de voitures particulières et un très faible trafic de poids lourds.

Exemple de décomposition par catégories des voies (agglomération lyonnaise)



5.1.3 Le classement sonore routier

Le classement sonore concerne toutes les maîtrises d'ouvrages (État, département, communauté urbaine, commune) mais se limite aux routes et rues écoulant (ou présumées écouler) une moyenne **de plus de 5000 véhicules par jour** à l'horizon d'une vingtaine d'années (soit généralement entre 2015 et 2020).

L'expérience montre que ces données peuvent être entachées d'une plus ou moins grande incertitude ; l'objectif était en effet de classer selon des catégories d'une amplitude assez large de 5dB(A).

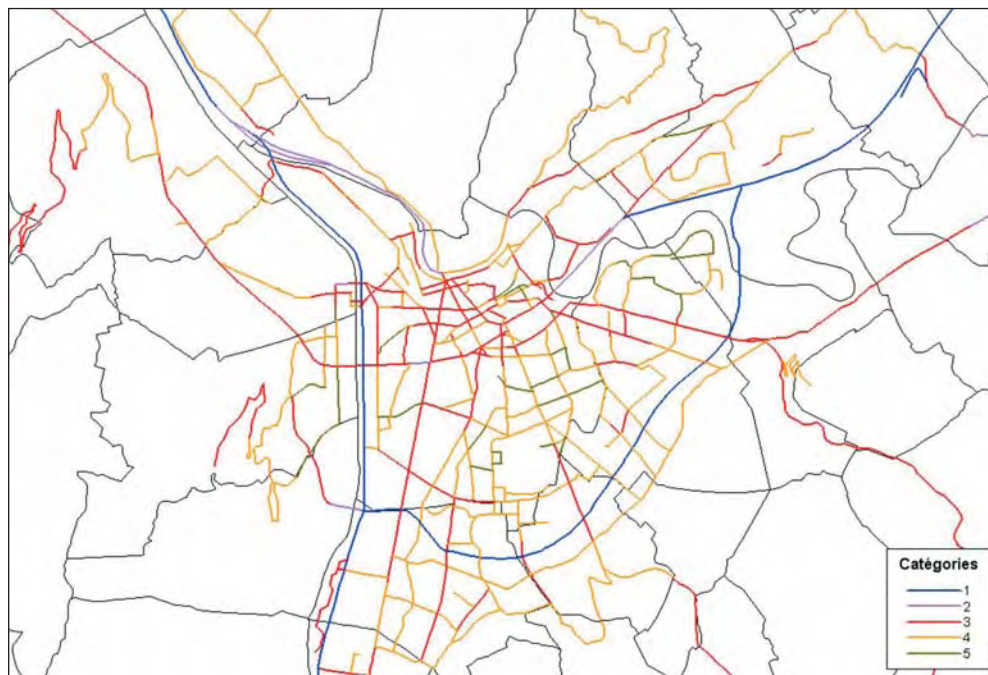
Le classement sonore des voies se présente sous forme d'éléments géométriques (filaires de voies) regroupés au sein d'une base de données géoréférencées. Cette base, établie dans chaque département, est intégrée (ou en cours d'intégration) dans l'observatoire départemental du bruit des infrastructures de transports terrestres.

Ces données contiennent les différents paramètres de l'émission sonore : un TMJA tous véhicules, un coefficient diviseur pour la période 6-22h, un pourcentage de poids lourds et un trafic moyen horaire sur 6-22h. Elles sont beaucoup plus rares sur

la période 22-6h et inexistantes sur les périodes 6-18h et 18-22h. La donnée d'émission se présente sous la forme d'un niveau sonore de référence diurne (déterminé conventionnellement en façade des bâtiments dans les rues en U ou sur une façade fictive située à 10 mètres du bord d'une route en tissu ouvert) et d'un niveau sonore de référence nocturne. Lorsque les données d'émission 22-6h, 6-18h et 18-22h manquent, il est possible de les approcher à partir de données de trafic observées sur des postes de comptage, établies à partir de formules statistiques liées à la fonction de la voie ou plus directement en prenant en compte un écart forfaitaire par rapport à la période 6-22h.

Ces données ont été établies entre 1996 et 2000, sur la base d'un horizon dit « à terme », fixé à + 20 ans et basé sur des hypothèses de croissance de trafic réalistes (soit des niveaux de trafic à l'horizon 2015-2020). Elles peuvent être amenées à être révisées en cas d'ouverture d'une nouvelle infrastructure, de changement de plan de circulation ou d'une progression des trafics différente de celle envisagée au départ ; la circulaire du 25 mai 2004 prévoit d'ailleurs un réexamen du classement tous les cinq ans. Cette procédure de révision doit être entérinée par un nouvel arrêté préfectoral.

Exemple de classement sonore des voies routières (agglomération grenobloise)



Ces données d'émission paraissent bien adaptées pour une utilisation à moyenne ou grande échelle comme le suggère la mise en œuvre de la directive européenne. En outre, l'horizon retenu pour le classement sonore des voies reste valable pour l'année n tel que le prévoit la directive européenne.

Le classement sonore est fait pour être intégré dans les observatoires départementaux du bruit. Il était prévu que ce travail actuellement en cours soit achevé en décembre 2005 pour ce qui concerne le réseau routier classé.

L'observatoire départemental du bruit est constitué à l'aide du logiciel MapBruit et administré par la direction départementale de l'Équipement.

La base de données créée par MapBruit est un système d'informations géographiques, acceptant des données cartographiques compatibles avec le logiciel MapInfo, associées à une base de données relationnelles au format ACCESS (ou autre en fonction de l'évolution sous Open Office pour le MTETM).

Parmi la soixantaine de paramètres, chaque tronçon de voie classée dispose :

- d'un nom (le numéro d'infrastructure, N7, A8, RD3 ou le nom de la rue) ;
- de libellés caractérisant le début et la fin du tronçon classé ;
- du type de tissu bâti environnant (« Rue en U » ou « ouvert ») ;
- de la nature du revêtement ;
- du trafic moyen journalier annuel (TMJA) sur 24 h ;
- des trafics moyens horaires diurne (6-22h) et nocturne (22-6h) ;
- des pourcentages de poids lourds associés à chacune de ces deux périodes ;
- des vitesses moyennes des véhicules légers et des poids lourds sur les deux périodes ;
- de l'allure des circulations (fluide ou pulsée) ;
- d'un niveau de référence (10 mètres du bord de voie pour les routes en tissu ouvert ou façade pour les rues en U) pour chacune des périodes diurne et nocturne ;
- de la catégorie de classement ;
- de la largeur du secteur affecté par le bruit ;
- des date et référence de l'arrêté préfectoral de classement ;

À titre d'information, voici une illustration des éléments disponibles sur le classement sonore des voies, contenus dans les observatoires du bruit.

Les données classement sonore d'origine des voies routières (logiciel MapBruit)

Informations tronçons et saisie complémentaire

ID_CLS : 405

Informations données classement | Prise en compte du bruit nocturne | Infrastructure en projet | Arrêté préfectoral | Données indicateurs européens

Nom du tronçon : RN104.2 Date MAJ : 11/02/2017

Localisation

Route / rue : RN104
Début : PR1+400
Fin : PR2+650

L'Aeq réf 6h-22h (dBA) : 74
L'Aeq réf 22h-6h (dBA) : 0
Catégorie Infrastructure : 3

Origine L'Aeq 6h-22h
Origine L'Aeq 22h-6h

Tissu

Type : Tissu ouvert
Largeur (m) : 8

Revêtement

Type : 3 Enduits super./Elevet. sti
Correction (dBA) : 3

Rampe

Sens de circulation : 0 %

Trafic

TMJA : 10182

	6h-22h	22h-6h
Débit horaire	579	0
Coefficient diviseur	18	0
% PL	6	0
Vitesse VL (km/h)	70	0
Vitesse PL (km/h)	70	0
Ecoulement	Fluide continu	

Origine des données

TMJA : CARTE TRAFIC 1995 EVOLUTION
Débit PL : STATION SIREDO COUX
Vitesse : VOIE PEU RAPIDE VITESSE ESTIME EN

Commentaires :

Annuler OK

Les données classement sonore spécifiques à la période nocturne (logiciel MapBruit)

Informations tronçons et saisie complémentaire

ID_CLS : 405

Informations données classement | **Prise en compte du bruit nocturne** | Infrastructure en projet | Arrêté préfectoral | Données indicateurs européens

Complément de la base classement :

Débit horaire nuit 22h-6h : VL : v/h PL : v/h
Vitesse nuit 22h-6h : VL : km/h PL : km/h
Allure nuit 22h-6h : Fluide Pulsé
Commentaire sur l'origine des données :

Calcul nocturne manuel :
Niveau sonore conventionnel de référence nuit 22h-6h : 67 dB(A)

Calcul nocturne forfaitaire :
Ecart jour/nuit : 7 dB(A)
Commentaire sur l'origine de l'écart : route nationale : écart de 7 dB(A)

Annuler OK

Les principales informations relatives à l'arrêté préfectoral du classement sonore (logiciel MapBruit)

Informations tronçons et saisie complémentaire

ID_CLS : 405

Informations données classement | Prise en compte du bruit nocturne | Infrastructure en projet | **Arrêté préfectoral** | Données indicateurs européens

Date de l'arrêté : 11/06/1999 Référence de l'arrêté : ARRETE PREFECTORAL N°810

Largeur : 100 mètres

Annuler OK

Les données des indicateurs européens Lden et Ln (logiciel Mapbruit)

Informations tronçons et saisie complémentaire

ID_CLS : 405

Informations données classement | Prise en compte du bruit nocturne | Infrastructure en projet | Arrêté préfectoral | **Données indicateurs européens**

Estimation des données trafic

TMJA	6h-18h	18h-22h	22h-6h
10182			
Débit horaire VL :	545	358	85
Débit horaire PL :	34	28	14

Niveaux sonores estimés à partir de LAeq réél 6h-22h et LAeq réél 22h-6h
Ces niveaux sonores sont calculés lors du tracé des empreintes sonores.

LDEN Réf : 73 dBA
LNuit Réf : 64 dBA

Commentaires : Exploitation des données de la station SIREDO de COUX

Annuler OK

5.2 Émission sonore d'une infrastructure ferroviaire

Ce chapitre apporte des compléments utiles pour la mise en œuvre des cartes de bruit sur le réseau ferroviaire.

Les travaux réalisés depuis une trentaine d'années par la SNCF et l'Inrets ont permis de préciser les principaux facteurs influençant l'émission sonore des circulations ferroviaires. Ce sont :

- les données de circulation :
 - nombre de trains ;
 - type de train ;
 - vitesse des trains.
- les données d'émission sonore des trains,
- les données sur l'infrastructure :
 - type de pose (voie, traverse, rail) ;
 - point singulier (appareil de voie ou aiguillage, ponts...).

Ces données permettent de déterminer les tronçons acoustiquement homogènes.

Il convient de bien connaître les types de traverses, de rails (LRS ou rails courts) et de porter une attention particulière sur les types de traverses en milieu urbain.

De même, il convient de placer correctement les écrans, merlons, ouvrages d'art métalliques, appareils de voies.

La connaissance des données visées ci-dessus, la vérification de ces points importants nécessitent également des observations in situ (depuis les ouvrages de franchissement...).

5.2.1 Les données de trafic

5.2.1.1 Le nombre et le type de trains

Lorsque les lignes ou segments de lignes sont recensés, il convient alors de procéder à l'analyse du TMJA (trafic moyen journalier annuel) qui servira de base à la détermination de leurs valeurs d'émission.

a) Trafic actuel

Réseau ferré de France (RFF) dispose des données du trafic national (hors métro et tramways) en temps réel sur 24 heures, données issues du fichier « débit des lignes », d'où est extrait le TMJA sur les trois périodes réglementaires 6h-18h, 18h-22h, 22h-6h, de l'année N-1.

RFF met également à disposition les données sur la composition des trains et en particulier le type d'activité (TER, banlieue, fret, GL, HL...). D'autres précisions peuvent être obtenues sur les types de trains, leur longueur, le nombre de rames pour les TGV, mais cela nécessite des requêtes particulières dont les modalités restent aujourd'hui à définir. Par ailleurs, il reste à placer les trains sur les bonnes voies dès que le nombre de celles-ci est supérieur à deux.

Il convient également de vérifier sur le terrain la vitesse des trains sur les différentes voies, les vitesses pouvant être différentes sur les divers groupes de voies d'un même tronçon.

b) Trafic futur

Les valeurs trouvées devront être, le cas échéant, modifiées en fonction des facteurs d'évolution connus pour l'avenir. Dans le cadre des délais imposés, on pourra se reporter aux données de trafic du classement sonore des voies (données établies en 1998), même si elles ne sont exploitables que sur les deux périodes 6h-22h / 22h-6h. En effet, à défaut de détenir les données d'émission (trafics...) sur les trois périodes journée, soirée et nuit, les trafics sur les périodes 6h-22h et 22h-6h peuvent permettre d'obtenir les niveaux de bruit LAeq(6h-22h) et LAeq(22h-6h).

Il n'y a pas d'enjeu fort à considérer provisoirement que les niveaux sonores LAeq(6h-18h) et LAeq(18h-22h) sont égaux au LAeq(6h-22h). Cette approximation permet de calculer le niveau de bruit en Lden.

5.2.1.2 La vitesse des trains

Vitesse maximale permise sur la ligne

Les éléments qui déterminent la géométrie d'une voie ferrée (rayons de courbures, profil en long, dévers et insuffisance) sont autant de paramètres influant sur la vitesse maximale possible sur un tronçon de ligne ferroviaire donné. La signalisation dont la ligne est équipée constitue également un paramètre déterminant dans la définition de cette vitesse, qui ne sera dépassée par aucun type de circulation.

Vitesse maximale d'un type de train

Quelle que soit la ligne qu'il emprunte, chaque type de matériel roulant est limité en vitesse en raison de sa conception. Ainsi un train de grande ligne classique utilisant des voitures de type Corail ne dépassera-t-il pas **200 km/h**, tandis qu'un TGV Atlantique sera limité à **300 km/h**.

Vitesse de référence V_0

La vitesse de référence V_0 est la vitesse pour laquelle est donné le niveau sonore de référence L_0 , caractéristique de l'émission sonore d'un type de train. Cette vitesse de référence est souvent égale à la vitesse maximale du type de train (cf. « Vitesse maximale d'un type de train »). Attention, cette règle peut comporter quelques exceptions.

Vitesse commerciale autorisée

Pour des raisons propres à l'exploitation, bien qu'un train soit apte à une vitesse maximale donnée (cf. « Vitesse maximale d'un type de train »), sa vitesse de circulation commerciale pourra être limitée à une valeur inférieure. Cette valeur correspond à la vitesse commerciale qui est visée lors du tracé des sillons de circulation. On trouvera par exemple des trains de messageries autorisés pour **120**, **140**, voire **160 km/h**.

Vitesses plancher

À faible vitesse, on fixe par défaut les vitesses plancher suivantes :

- **60 km/h** pour les trains circulant à moins de **60 km/h** ;
- **40 km/h** pour les métros circulant à moins de **40 km/h**.

Vitesses retenues pour les calculs

Pour chaque type de train, on retiendra :

- pour les faibles vitesses, les vitesses plancher décrites ci-dessus ;
- pour les vitesses supérieures aux vitesses plancher, la plus petite entre la vitesse maximale permise sur la ligne, la vitesse maximale du type de train et la vitesse commerciale autorisée.

5.2.2 Les données d'émission sonore des trains

Les types de trains standards et leurs caractéristiques sont définis dans le document *Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement* du 30 janvier 2006 – SNCF – disponible sur le site www.bruit.fr.

Ce document précise la méthode et rassemble les données d'émission sonore des trains (appelées également « termes sources ») préconisées pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit dans l'environnement des infrastructures du réseau ferré national.

La méthode mise en œuvre est la Nouvelle méthode de prévision du bruit (NMPB) dans sa version Fer reprise dans la norme XP S 31-133 *Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques*. Cette méthode, qui précise les algorithmes de propagation définis dans la NMPB applicable pour le bruit routier, y ajoute les spécificités du fer (comme la prise en compte d'un modèle de caractéristiques sonores d'émission des sources ferroviaires en pleine voie, dans des conditions d'exploitation commerciale courantes, pour une vitesse donnée ; ou la prise en considération d'effets de propagation spécifiques au mode ferroviaire tels que les réflexions caisse écran).

Les mesurages qui ont permis de produire les données de ce document sont réalisés conformément à la norme EN ISO 3095 *Applications ferroviaires – Acoustique – Mesurage du bruit émis par les véhicules circulant sur rails* (indicateur $L_{Aeq,tp}$ mesuré

à une distance de 25 mètres de l'axe de la voie et à une hauteur de 3,5 m au-dessus de la hauteur du rail extérieur). Lorsque les valeurs mesurées font défaut, des équivalences sont proposées permettant de rendre exhaustive la liste des performances sonores des matériels donnée dans ce document.

Note : les données fournies dans ce document le sont pour une voie standard. Le tableau du §5.2.3.2 « Découpage en fonction de la superstructure » donne les termes correctifs à appliquer aux niveaux sonores générés sur une voie de constitution différente.

Un exemple de fiche est présenté ci-dessous.




Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement

Type de matériel : X 72500 bicaisses (X-TER)



**$L_0 = 81,0 \text{ dB(A)}$
à 140 km/h**

Vitesse maximale : 160 km/h
Longueur : 53 m
Type de freinage : Essieux moteurs : semelles en matériau composite
 Essieux porteurs : disques + semelles en matériau composite
Point de mesure : d = 25m, h = 3,5m

Fichier DEF

```

X72500 Bi-caisses
#RAME
IDENTIFICATION : X72500_Bi
LONGUEUR : 53 m
NOMBRE BOGIES : 4
ESPACEMENT : 12 m
VITESSE : 140 km/h
VARIATION : 30 * log10 (V/Vréf)
FREQUENCE : 125 250 500 1000 2000 4000 Hz
PUISSANCE : 108.0 103.3 106.8 109.6 108.3 104.1 dB
  
```

Niveaux sonores et spectre de référence au point de mesure en $L_{10,2}$

	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz
1/3 oct. dB	73,9	68,4	72,4	68,5	67,0	67,3
1/3 oct. dB	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz
1/3 oct. dB	66,6	68,9	71,5	72,7	73,4	71,0
1/3 oct. dB	1600 Hz	2000 Hz	2500 Hz	3150 Hz	4000 Hz	5000 Hz
1/3 oct. dB	69,6	70,3	70,4	67,4	65,3	62,2

5.2.3 La description des caractéristiques des infrastructures

5.2.3.1 Lignes ferroviaires à prendre en compte

Lignes ferroviaires en service (cartes de bruit de type (a) de l'article 3 du décret du 24 mars 2006)

Pour les voies ferrées en service, l'information concernant le TMJA d'une ligne, pour une année donnée, est disponible grâce aux statistiques annuelles de l'application « Débit des lignes ».

Projets ferroviaires (cartes de bruit de type (d) de l'article 3 du décret du 24 mars 2006)

Les projets ferroviaires à prendre en compte doivent être connus du public et avoir donné lieu soit à prescription de l'ouverture d'une enquête publique, soit à une inscription (ou prévision d'inscription) en emplacement réservé dans des documents d'urbanisme opposables.

5.2.3.2 Découpage des lignes en tronçons homogènes

Notion de tronçon homogène

Un tronçon de ligne est dit homogène si les paramètres intervenant dans le calcul des niveaux sonores à la source ne varient pas de façon significative au sens de l'acoustique sur toute la longueur du tronçon.

Les paramètres variables agissant sur l'émission sonore d'une voie ferrée sont les suivants :

- nature du trafic (nombre et types des circulations) ;
- vitesses des circulations ;
- nombre de voies, largeur de plate-forme ;
- espacement des voies ;
- nature de la superstructure (types de rails, types de traverses, types de plates-formes) ;
- présence d'appareils de voie (aiguillages), d'ouvrages d'art métalliques.

Pour aboutir au découpage en tronçons acoustiquement homogènes, il convient donc de découper successivement les lignes ferroviaires en fonction des paramètres ci-dessus. C'est uniquement sur

la base d'un découpage en tronçons homogènes que pourront être évalués les niveaux de bruit constitutifs des cartes de bruit.

Découpage en fonction du trafic

Une première analyse de la ligne en fonction du trafic qu'elle supporte donne lieu à son découpage en segments. Un segment de ligne est une portion de ligne comprise entre deux points caractéristiques de type gare ou bifurcation. Entre deux points de ce type, la nature du trafic est constante.

Découpage en fonction de la vitesse maximale de circulation

Il est possible, sur un segment de ligne, de rencontrer des variations de la vitesse maximale de circulation des trains (voir définition au paragraphe « Définition des vitesses »). Les segments de ligne doivent donc être découpés en fonction de ces variations. De ce deuxième découpage résulteront des tronçons de ligne homogènes en trafic et en vitesse maximale de circulation des trains.

Découpage en fonction de la superstructure

Le type d'armement d'une voie ferrée peut avoir une influence sur le bruit émis au passage des trains. Si cette influence est significative, des tronçons de lignes peuvent être prévus en fonction de la nature des voies qu'ils supportent.

Le tableau ci-dessous donne, par référence à une voie standard (longs rails soudés sur traverses en béton) le terme correctif simplifié en **dB(A)** applicable aux niveaux sonores générés sur une voie de constitution différente.

Type de voie	Terme correctif
LRS sur traverses béton	référence
LRS sur traverses bois	+ 3
Rails courts sur traverses béton	+ 3
Rails courts sur traverses bois	+ 6

Autres découpages

D'autres découpages sont souhaitables en fonction de l'influence acoustique de certaines particularités. Les zones d'appareils de voie sur ligne classique, telles qu'entrées de gares, et les ouvrages métalliques anciens sont ici visés.

Les zones d'appareils ne seront prises en compte que dans les zones complexes (gares et bifurcations) de vitesse réelle des trains supérieure à 60 km/h. Ceci afin d'éviter de rehausser des niveaux sonores qui sont déjà majorés pour les vitesses inférieures à cette valeur (voir la définition de la vitesse retenue pour les calculs au paragraphe « Définitions des vitesses »).

Les zones d'appareils de voie sur les lignes à grande vitesse seront ignorées. En effet, les appareils de ces lignes sont d'une conception différente et moins générateurs de bruit que ceux des lignes classiques.

Le tableau ci-dessous donne, par référence à une voie standard (longs rails soudés sur traverses en béton), le terme correctif simplifié en **dB(A)** applicable aux niveaux sonores dans une zone particulière.

Type de voie	Terme correctif
LRS sur traverses béton	référence
Zone d'appareils de voie	+ 6
Ouvrage d'art métallique	+ 5 à + 10

Dans tous les cas, le découpage en tronçons homogènes doit permettre de mettre en évidence chaque facteur influent vis-à-vis de l'émission sonore de la ligne ferroviaire à classer.

5.2.4 Le classement sonore ferroviaire

Le classement sonore ferroviaire concerne toutes les voies ferrées écouant (ou présumées écouer) une moyenne **de plus de 50 trains/jour** à l'horizon d'une vingtaine d'années ou plus de **100 mètres ou tramways/jour**.

À l'image du classement sonore des voies routières, le classement sonore des voies ferrées se présente sous la forme d'éléments géométriques regroupés au sein d'une base de données géoréférencées. Cette base, établie dans chaque département, est intégrée dans l'observatoire départemental du bruit des infrastructures de transports terrestres.

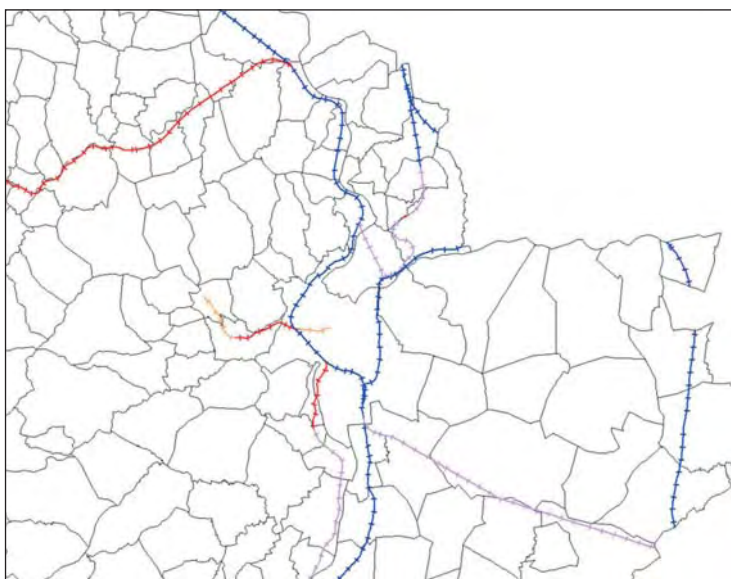
Ces données contiennent les différents paramètres de l'émission sonore sur chacune des périodes

6-22h et 22-6h ; sa répartition sur les périodes 6-18h et 18-22h n'est pas intégrée dans la base classement. La donnée d'émission se présente sous la forme d'un niveau sonore de référence diurne (déterminé conventionnellement sur une façade fictive située à 10 mètres du bord de la voie) et d'un niveau sonore de référence nocturne.

Ces données ont été établies entre 1996 et 1998, sur la base d'un horizon dit « à terme », fixé à + 20 ans et basé sur des hypothèses de croissance de trafic et de renouvellement du matériel ferroviaire réalistes. Elles peuvent être amenées à être révisées en cas d'ouverture d'une nouvelle infrastructure, pour tenir compte des effets induits par une telle ouverture sur le réseau existant ou d'une progression des trafics différente de celle envisagée au départ ; la circulaire du 25 mai 2004 prévoit d'ailleurs un réexamen du classement tous les cinq ans. Cette procédure de révision doit être entérinée par un nouvel arrêté préfectoral.

Le découpage géographique en tronçons homogènes vis-à-vis du classement sonore des voies sous Mapbruit est disponible en DDE.

Exemple de classement sonore des voies ferroviaires (agglomération lyonnaise)



L'observatoire départemental du bruit est constitué à l'aide du logiciel MapBruit-fer et administré par la direction départementale de l'Équipement.

La base de données créée par MapBruit-fer se présente sous la forme d'un système d'informations géographiques, acceptant des données cartographiques compatibles avec le logiciel MapInfo, associées à une base de données relationnelles au format ACCESS.

Parmi la soixantaine de paramètres, chaque tronçon de voie ferrée classé dispose :

- d'un identifiant de la ligne (le numéro de la ligne, ex. : 783000) ;
- d'un numéro de segment (le numéro de segment sur la ligne, ex. : 5219) ;
- de libellés caractérisant début et fin du tronçon classé (généralement PK début et PK fin) ;
- du type de tissu bâti environnant (généralement « ouvert », très rarement « Voie en U ») ;
- de la nature de la pose de rail (long rail soudé sur traverses béton, bois ou rail court) ;
- du trafic moyen journalier annuel (TMJA) sur 24 heures ;
- de la décomposition par type de train sur les périodes diurne (6-22h) et nocturne (22-6h) ;
- des vitesses « plancher » ou commerciales des différents types de trains sur les deux périodes ;
- d'un niveau de référence (10 mètres du bord de voie pour les voies en tissu ouvert ou façade pour les voies en U) pour chacune des périodes diurne et nocturne ;
- de la catégorie de classement ;
- de la largeur du secteur affecté par le bruit ;
- des date et référence de l'arrêté préfectoral de classement.

À titre d'information, voici deux illustrations des éléments disponibles sur le classement sonore des voies contenus dans les observatoires du bruit.

Les données classement sonore d'origine des voies ferroviaires
(logiciel MapBruit-fer)

Saisie Complémentaire

ID_CLS : 54

Ligne / Tronçon Train Arrêté Trafic

Nature de la ligne ferroviaire
 Train Tramway

Etude acoustique Tronçon en projet

Nombre de voies du tronçon : 2

Date Mise à Jour : 19/05/2006

Commentaire sur la Mise à Jour :

Type de la zone : LRS sur traverses béton

Terme correctif : Référence

Commentaires sur le mode de détermination du niveau sonore de référence de jour :
 Méthode LAeq Sncl

Commentaires sur le mode de détermination du niveau sonore de référence de nuit :
 Méthode LAeq Sncl

Commentaire général :

OK Annuler

Les données classement sonore d'origine des voies ferroviaires
(logiciel MapBruit-fer)

Saisie Complémentaire

ID_CLS : 54

Ligne / Tronçon Train Arrêté Trafic

N°Segment	N°Tronçon	Nb trains jour	Nb trains nuit	L réelle jour	L réelle nuit	Vitesse jour	Vitesse nuit	Type train	Modèle train	Traction	D
5911	1	4,14	1,71	0	0	0	0	HLP	isolés		
5911	1	28,57	1,73	0	0	0	0	Autotails et Z2	isolés		
5911	1	13,57	15,71	0	0	100	100	MESSAGERIE	fret		
5911	1	19,86	14	0	0	0	0	FRET	fret		
5911	1	0,29	0	200	200	0	0	TGV PSE	orange		
5911	1	3,57	21,14	0	0	0	0	Coral GL	GL		
5911	1	4,14	0,29	0	0	0	0	Coral TER	TER		
5911	1	5,86	0	100	100	0	0	Z 5300	US		

Commentaires sur les données trafic: Données SNCF

OK Annuler

5.2.5 Cas particulier des tramways

Ce paragraphe n'est pas exhaustif et se limite aux tramways sur rails. Les tramways sur roues, VAL ou autres ne sont pas abordés, les données caractéristiques de ces types de transports en commun pouvant être aisément connues par l'autorité compétente en charge de l'élaboration des cartes.

Depuis quelques années, de nombreux projets de tramways ont vu le jour. En dehors des trois lignes historiques de Lille, Saint-Étienne et Marseille, la plupart des lignes sont nouvelles et certaines très récentes ; elles ont généralement fait l'objet d'études d'environnement avec des thématiques acoustiques de plus en plus développées et disponibles chez les maîtres d'ouvrages concernés. Elles disposent généralement de données intéressantes pour modéliser les lignes de tramways : émissions unitaires, trafics, type de pose, type de voirie et parfois des campagnes de mesures après mise en service.

L'émission sonore d'un tramway résulte d'une combinaison entre le matériel roulant et l'infrastructure, sur laquelle interagissent le type de pose des rails, la nature du revêtement environnant la voie, l'état d'entretien de la voie et l'état d'entretien des rames.

5.2.5.1 Le matériel roulant

Les caractéristiques d'émission du matériel roulant diffèrent fortement d'un matériel à l'autre, en fonction de sa technologie et de sa génération. On peut les décomposer en deux grandes familles : les sources de bruit aérien et les sources de bruit solidien. La directive européenne étant basée sur les niveaux de bruit à l'extérieur des bâtiments, on ne s'intéresse qu'à la propagation aérienne. Les sources de bruit de type aérien proviennent du contact roue/rail, des différents équipements présents sur la rame (ensemble onduleur - convertisseur - hacheur, pantographe, climatisation, rhéostat) et de sources plus ponctuelles comme la fermeture des portes ou encore l'avertisseur. La valeur d'émission d'un tramway dépend également de sa vitesse ; à l'arrêt, la valeur d'émission n'est pas nulle du fait du fonctionnement des équipements électriques fixes.

5.2.5.2 L'infrastructure

Le type de pose peut jouer un rôle sur l'émission (absorption des chocs, mise en résonance de la voie). On constate que les dispositifs anti-vibratiles, qui ont pour objectif « d'assouplir » la voie, ne vont pas nécessairement dans le sens d'une réduction de l'émission sonore de type aérien.

Le type de revêtement joue également sur la propagation ; une plate-forme engazonnée s'avère plus absorbante qu'un ballast ou une plate-forme sablée, elle-même plus absorbante qu'une surface bétonnée ou enrobée. À noter également l'importance de la surface du rail rayonnant à l'air libre.

Les variations apportées par le type de pose ou le revêtement apparaissent secondaires par rapport au facteur d'état de la voie qui influe fortement sur l'émission sonore d'un tramway ainsi que l'état des profils de roues qui ne doit pas être négligé.

5.2.5.3 Les trafics

Contrairement aux autres modes de transports urbains, les circulations tramways sont parfaitement connues par les gestionnaires. Il est donc facile d'établir les moyennes horaires sur chacune des trois périodes réglementaires. Les horaires d'ouverture au public sont connus, mais en fonction du schéma du réseau et notamment du positionnement du dépôt, des circulations hors plage d'ouverture au public peuvent se produire sur des créneaux horaires particulièrement sensibles.

5.2.5.4 Les vitesses

Le gestionnaire du réseau dispose de toutes les informations détaillées sur les vitesses réellement pratiquées par les rames selon les sections de l'itinéraire (section courante, carrefours...).

5.2.5.5 La modélisation de l'émission

Pour les besoins de la directive, on s'attachera principalement à modéliser la section courante de l'itinéraire qui représente la principale source

de bruit liée aux tramways ; compte tenu du niveau de fond généralement présent dans le milieu urbain, on pourra, par souci de simplification, ignorer les secteurs en stations et les remplacer par une modélisation de type section courante en utilisant une vitesse moyenne correspondant à la vitesse commerciale.

Les phénomènes ponctuels de crissements parfois relevés dans des courbes particulièrement serrées, bien que toujours mal ressentis par les populations riveraines, possèdent un caractère trop aléatoire pour pouvoir être valablement quantifiés.

Pour modéliser tous ces effets, la meilleure solution consiste à effectuer quelques mesures destinées à caler l'émission sonore du couple tramway/voie. Cette mesure doit s'inspirer de la norme ISO 3095 relative au *Mesurage du bruit émis par les véhicules circulant sur rails publiée en 2005*.

Il n'existe pas pour le moment de base de données publiques des valeurs d'émission sonore des différents tramways français, mais les bureaux d'études spécialisés en acoustique disposent généralement de mesures sur site.

En l'absence de valeurs mesurées, on pourra estimer l'émission sonore d'une ligne de tramways en s'inspirant de la méthode décrite dans l'ouvrage *Classement sonore des infrastructures de transports terrestres* (adaptation de l'arrêté du 30 mai 1996 pris en application de l'article L571-10 du code de l'environnement) de mars 1998.

5.3 Émission sonore d'une infrastructure aérienne

Les paramètres d'entrée influant sur le bruit des avions doivent faire l'objet d'une phase de recueil de données, préalable à toute modélisation.

Ces paramètres concernent :

- les infrastructures ;
- le trafic ;
- les trajectoires ;
- les conditions d'exploitation ;
- la topographie et les conditions météorologiques.

La version révisée du *doc. 29* de la CEAC fournit de nombreuses informations détaillées sur le sujet. La lecture du guide d'application du Service technique de l'aviation civile sur l'élaboration des PEB et des PGS (guide consultable sur le site Internet du STAC) peut également s'avérer très utile : une révision de la version 2003 de ce guide est prévue et sera mise en ligne dès que possible.

5.3.1 Les infrastructures

Les caractéristiques du dispositif de piste (longueur de la piste, localisation des extrémités de piste et du point de référence de l'aéroport (ARP), emplacement des seuils d'atterrissage et des points de décollage, déclinaison magnétique), ainsi que celles des aides à la navigation ayant un impact sur la modélisation du trafic, doivent être définies précisément dans un système géoréférencé cohérent.

Ces données sont disponibles auprès du Service de l'information aéronautique (SIA) pour les infrastructures existantes et sont, en principe, établies en coordonnées WGS-84 (World Geodetic System 1984 : référence officielle pour le GPS depuis 1987) et associées à la projection Lambert 93 (sauf pour l'outre-mer).

La nature du trafic accueilli dépend bien entendu des caractéristiques des infrastructures au sol (longueur et portance de la piste, aides à la navigation...).

5.3.2 Le trafic

Le volume de trafic, sa typologie détaillée (type/série/motorisation) ainsi que sa répartition au cours des trois périodes de la journée (jour, soirée, nuit) doivent être définis le plus précisément possible.

Certaines données, dont celles relatives aux vols commerciaux, sont bien connues ; à l'inverse, d'autres, telles que celles relatives aux vols d'aviation générale, doivent être généralement estimées.

Suivant l'horizon étudié, ces données de trafic s'appuient soit sur des statistiques de trafic réalisé, soit sur des prévisions de trafic.

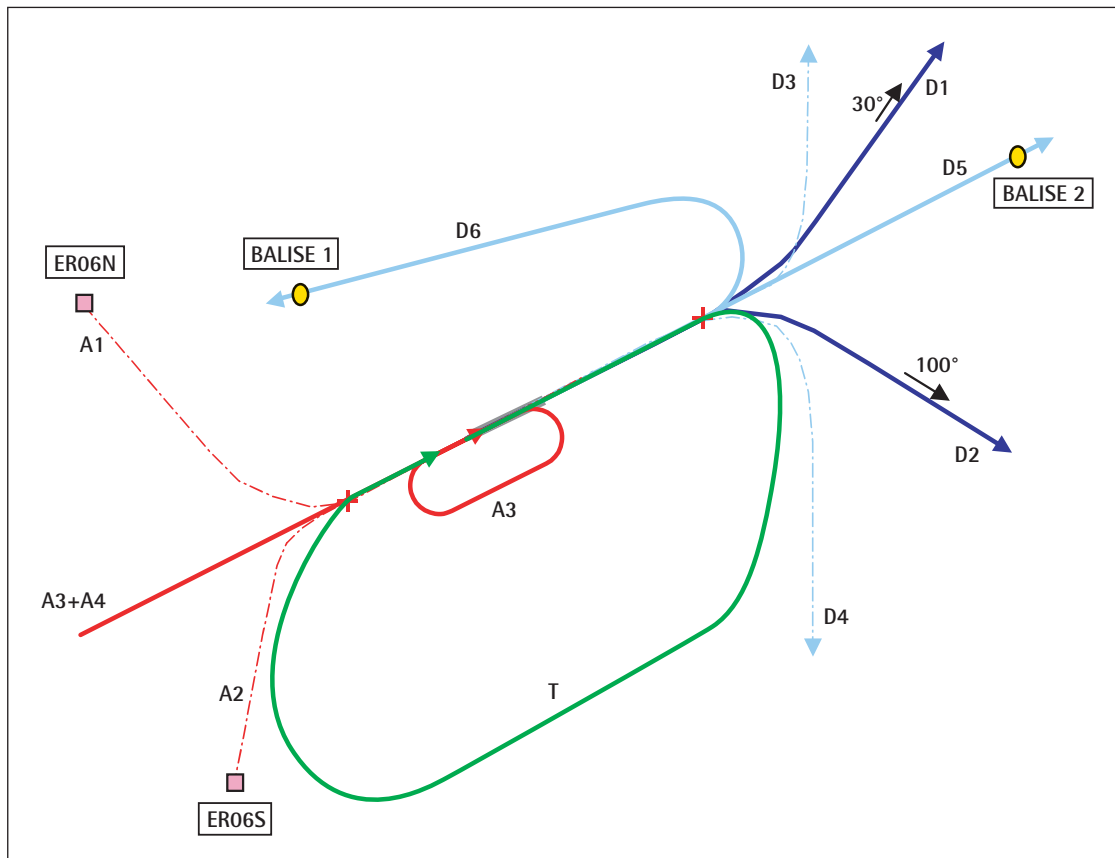
Suivant la répartition du trafic au cours de l'année (caractère saisonnier de l'activité, activités d'entraînement concentrées sur de courtes périodes...), il peut être pertinent de définir une journée caractéristique type (ou plusieurs) pour asseoir la modélisation sur des situations représentatives de l'exposition au bruit.

5.3.3 Les trajectoires et les profils de vol

Les trajectoires utilisées pour la modélisation peuvent être :

- soit celles publiées ou en cours de publication, et auxquelles il peut être pertinent d'appliquer une « dispersion aléatoire », notamment pour les départs et les mouvements opérés « à vue » (VFR) ;
- soit, sur les plus grands aéroports et pour le trafic réalisé, les enregistrements radar des flux de trajectoires pour prendre en compte la dispersion réelle du trafic.

Chaque trajectoire sol doit être décrite en détail (longueur, angle, sens de rotation, rayon de courbure pour chaque segment) et représentée graphiquement sur des plans synthétisant l'ensemble des trajectoires d'arrivée, de départ ainsi que les tours de pistes.



En règle générale, plusieurs profils de vols types, en particulier pour le décollage, sont définis, pour un même avion, dans la base de données associée au logiciel de modélisation (taux de montée, régime moteur, vitesse). Le choix d'un profil type, voire la définition d'un profil de vol spécifique, dépend de la masse de l'avion et des procédures opérationnelles particulières en vigueur sur l'aérodrome étudié (taux de montée imposé pour respecter les marges de franchissement d'obstacles, procédures de moindre bruit, volumes de protection environnementale).

Des trajectoires et/ou des profils de vol spécifiques peuvent être imposés pour les opérations de nuit, pour certains aéronefs ou pour certains types d'activités : étant donné la sensibilité de la modélisation à ce type de paramètres, il convient d'être particulièrement attentif et précis lors de la phase d'entrée de ces données.

De même, certains paramètres pouvant influencer, suivant les cas, de façon significative sur la cartographie (mode d'exploitation des pistes, typologie du trafic, répartition jour/soirée/nuit et par trajectoires

du trafic, substitutions retenues pour certains avions, définition ou non d'une journée caractéristique, procédures et trajectoires spécifiques...) requièrent une vigilance particulière.

Tableau 1 : trajectoires/profils

Toutes les procédures doivent être décrites dans le détail, en particulier celles pour lesquelles des niveaux, ou des pentes de montée sont imposés.

Track 1	..... (nom)				
QFU correspondant	.....			
Type	Arrivée ou départ				
Description géométrique de la route par segments et courbes :					
Segment N°	Segment	Courbe			Profil Imposé
		Sens de rotation (Gauche/Droite)	Angle de rotation	Rayon de courbure	
...	..... m	.....	..... °	..... m	
...	..... m	.....	..... °	..... m	
...	..... m	.....	..... °	..... m	
...	..... m	.....	..... °	..... m	

Tableau 2 : exemple fictif de tableau de trafic

Classe d'appareil	Type d'appareil, Motorisation	Nombre de mvts annuels totaux (1)	% de jour 6h-18h	% de soirée 18h-22h	% de nuit 22h-6h	Pourcentage d'utilisation des procédures par classe d'appareil. (tours de piste, départs/arrivées rectilignes, départs/arrivées selon procédures, MVI/MVL)											TDP	...	toutes procédures				
						QFU06														QFU24			
						Départ à vue		Départ aux instruments				Arrivée à vue		Arrivée IFR		Tour de piste 06 - T							
						Départ cap 30° - D1	Départ cap 100° - D2	Départ Nord - D3	Départ Sud - D4	Départ BALISE1 - D5	Départ BALISE2 - D6	Arrivée ER06 Nord - A1	Arrivée ER06 Sud - A2	Arrivée AMV avec break - A3	Arrivée AMV sans break - A4								
Avions commerciaux	Airbus A 340	8500	80%	15%	5%	3%	4%	6%	10%			8%	9%	6%	1%	3%	...	100%					
	B 737	7560	80%	15%	5%	3%	4%	7%	9%			7%	10%	6%	1%	3%	...	100%					
	EMB 145	5840	100%			2%	3%	8%	10%			6%	11%	3%	3	4%	...	100%					
	ATR 42	560		100%		4%	5%	6%	8%			7%	9%	6%	2	3%	...	100%					
Aviation d'affaires	Lear 35 - Mystère 20	4520	90%	10%		4%	5%			7%	9%				25%		...	100%					
	BE 58	3690	90%	10%		5%	6%			6%	8%				25%		...	100%					
Aviation légère	Aéroclub	5430	80%	15%	5%	3%	6%	6%	8%			5%	7%	5%	8%	2%	...	100%					
	Hélicoptères	5245	80%	15%	5%	4%	5%			8%	10%				23%		...	100%					
Autres	Format. A 320	250	100%			10%	15%									25%		100%					

5.3.4 Les conditions d'exploitation

La configuration d'exploitation d'un aéroport varie d'un jour à l'autre en fonction notamment des conditions atmosphériques et des contraintes opérationnelles.

La répartition du trafic par trajectoire et par sens d'utilisation des pistes (QFU) doit être définie pour chaque type d'avion.

Au total, la modélisation des avions nécessite, au préalable, une grande quantité de données sur le trafic, les trajectoires et les conditions d'exploitation de l'aérodrome (cf. exemple ci-dessus de tableau de trafic à remplir).

5.3.5 La topographie et les conditions météorologiques

Topographie

Suivant la topographie des environs de l'aérodrome, il peut être intéressant de prendre en compte le relief dans le calcul des courbes de bruit.

Météo

En règle générale et sauf conditions climatiques particulières, les conditions atmosphériques standards ISA sont celles retenues pour la modélisation :

- température : 15 °C ;
- pression : 760 mm Hg/1013 hPa ;
- humidité : 70 % ;
- vent debout : 14,8 km/h (8 nœuds) .

Pour les aérodromes situés dans une zone de climat atypique, une correction de température et/ou de pression pourra être appliquée.

Émission sonore d'une infrastructure industrielle 5.4

5.4.1 Spécificités du bruit industriel

La directive européenne 2002/49/CE impose la cartographie des activités industrielles décrites dans l'annexe 1 de la directive 96/61/CE, connue sous le nom de directive IPPC. On dénombre en France 7 400 établissements dans le champ d'application de cette directive, dont 4 000 établissements industriels. Ces établissements sont, pour résumer, des ICPE importantes.

En France, le décret n° 2006-361 du 24 mars 2006 précise que les industries à prendre en compte sont les ICPE soumises à autorisation en application de l'article L.521-1 du code de l'environnement.

Il est à noter que cette « transposition » élargit l'exigence initiale de la directive européenne à un nombre de sites important : sans distinction d'une localisation urbaine ou rurale, il existe en France environ 60 000 ICPE soumises à autorisation (24 000 élevages et 36 000 installations industrielles). En pratique, on se limitera aux installations classées bruyantes ou potentiellement bruyantes.

Ces établissements sont soumis à des textes réglementaires relatifs à leurs émissions sonores :

- l'arrêté du 23 janvier 1997, concernant les installations nouvelles ou modifiées dont l'arrêté d'autorisation est postérieur au 1er juillet 1997 ;
- l'arrêté du 20 août 1985, concernant les autres installations (et celles soumises à déclaration, non considérées ici).

Quel que soit le texte, même si la notion d'émergence est retenue pour évaluer la gêne sonore, le niveau seuil en limite de propriété industrielle est toujours une donnée exigée dans les arrêtés préfectoraux.

À titre indicatif, le niveau maximum à respecter en limite de propriété peut être :

- en application de l'arrêté du 23 janvier 1997, de 70 dB(A) le jour, 60 dB(A) la nuit, ou toute autre

valeur inférieure à ces maxima, fixées au cas par cas par l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter ;

- en application de l'arrêté du 20 août 1985, de 45 dB(A) + un terme correctif dépendant du type de zone + un terme correctif dépendant de la période.

Le niveau seuil en limite de propriété est l'indicateur qui caractérise l'émission sonore maximale qu'un établissement s'engage à émettre dans son environnement. C'est une donnée dont l'obtention est visée dans l'application de la directive européenne (exprimée avec les indicateurs Lden et Ln).

On observe que, comparativement aux infrastructures de transport, les infrastructures industrielles ont un impact sonore très localisé. De plus, s'il y a pour les infrastructures de transports des consensus sur les méthodes normalisées, l'approche reste plus ouverte pour le bruit industriel et nécessite souvent une expertise au cas par cas.

5.4.2 Émission sonore d'une infrastructure industrielle

5.4.2.1 Normes de référence

Les normes de mesures EN ISO 3744 et 3746, citées à l'article 2-III de l'arrêté du 4 avril 2006, donnent les indications méthodologiques de mesurage de la puissance acoustique de sources fixes localisées. Ces normes ne sont pas adaptées à la caractérisation d'un ensemble de sources. De plus, elles imposent l'accès à l'intérieur du site industriel, situation le plus souvent inenvisageable dans le cadre de l'élaboration de cartes de bruit à l'échelle d'une agglomération (difficulté matérielle à laquelle s'ajoutent diverses contraintes d'exploitation (nombre important de sources, notions de sécurité, de confidentialité, etc.) que cette méthode impose aux industriels. Ces normes ne seront donc exploitables que dans certains cas

particuliers, relativement simples et avec l'appui des industriels concernés.

La norme ISO 8297, également citée dans l'arrêté du 4 avril 2006, qui consiste à évaluer une puissance acoustique globale par la mesure de niveaux de bruit en bordure de site, est plus adaptée à la problématique. Elle reste néanmoins d'une mise en œuvre lourde, qu'il ne sera pas justifié de déployer dans une majorité de situations réelles.

Ainsi, dans la plupart des situations courantes et dans le contexte de l'application des textes de transposition de la directive européenne, il sera préférable, malgré un grand nombre d'approximations, d'avoir recours à une méthode basée sur le même principe mais simplifiée.

5.4.2.2 Approche globale

Les paramètres permettant de caractériser l'émission sonore globale d'un site industriel sont :

- la localisation et la hiérarchisation des sources de bruit principales ;
- les horaires et cycles éventuels de fonctionnement ;
- les niveaux de bruit réels en bordure de site (potentiellement différents des seuils admissibles en limites de propriétés), par périodes utiles.

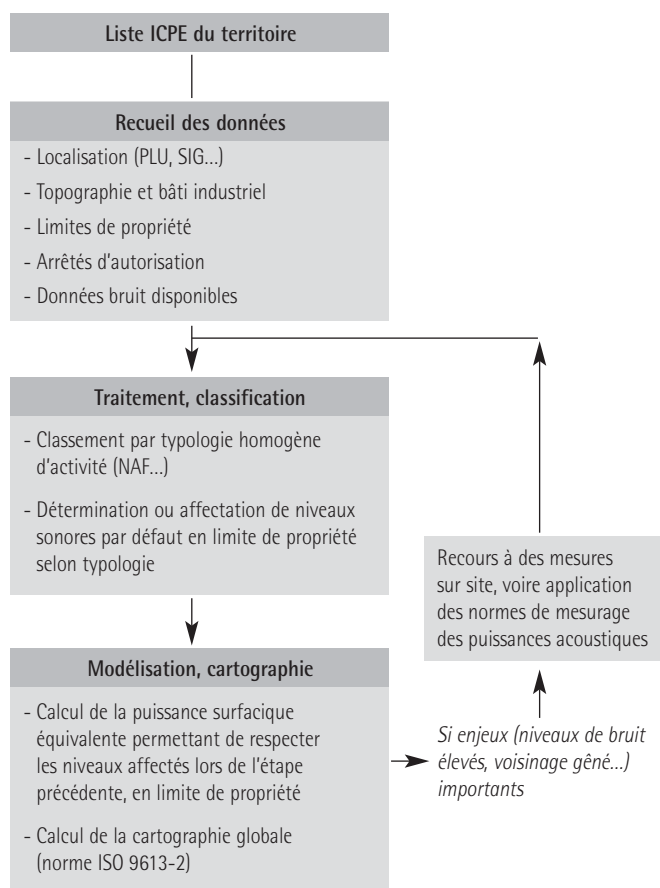
Ces niveaux réels peuvent être obtenus par :

- exploitation de résultats d'étude d'impact acoustique (récente) du site ;
- mesures à proximité immédiate du site ;
- approximation avec des données disponibles sur d'autres sites de même nature (les bureaux d'études spécialisés disposent en général de bases de données sources sur une grande diversité de types de sites industriels).

Cette caractérisation doit par ailleurs être adaptée au niveau d'échelle de la cartographie et surtout au niveau de précision requis en fonction des enjeux locaux.

5.4.3 Méthode de caractérisation du bruit des sites industriels

La méthodologie simplifiée est présentée dans l'organigramme de principe ci-après :



On observe que la démarche méthodologique simplifiée est itérative, le nombre d'itérations dépendant de la complexité du site, de la qualité des données disponibles, des enjeux locaux, de la précision souhaitée, etc.

Les données topographiques 5.5

Nous incluons dans ce chapitre les éléments autres que le bâti pouvant avoir une influence sur la propagation sonore du fait de leur géométrie. De ce fait, il est important de connaître le relief du terrain, le positionnement des voies de communication (routes et chemins, voies ferrées), les ouvrages de protection phonique (murs antibruit, talus, buttes), les murs de soutènement et obstacles divers.

À ce niveau de la démarche d'étude, il est important de recueillir l'ensemble des données en privilégiant les bases de données existantes, qui peuvent être le cas échéant vérifiées et complétées sur le terrain.

Dans le cas contraire, il faudra s'appuyer sur les systèmes d'informations géographiques (SIG) existants disponibles dans le commerce, bases de données IGN par exemple, dont l'utilisation facilite le recueil, le traitement, la représentation et les exploitations futures des données. Des tests de sensibilité réalisés par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon montrent que des données en 3D sont la plupart du temps nécessaires sous peine de surestimer les niveaux d'exposition (effet de masque sous-estimé) et qu'on accepte, pour la production de cartes de bruit, de réserver l'utilisation de simples données 2D aux villes à faible relief.

Lorsqu'on en dispose, on conseille de conserver la donnée précise en vue de l'établissement des PPBE.

Concernant la collecte des données d'entrée, il faut rester vigilant quant à la précision des données utilisées, qui doit être en adéquation avec l'échelle des données publiées. Dans tous les cas, la précision des données d'entrée doit être supérieure ou égale à celle des données publiées.

5.6 Les données bâtiments et occupation du sol

La réalisation des cartes de bruit est fondée sur l'exploitation de sources de données permettant d'identifier les différents types de bâtiments. Il est important de caractériser les types d'occupation du sol et d'identifier les éléments bâtis de même nature. On privilégiera les bases de données locales souvent bien renseignées.

Il est important de connaître les grands types de bâtiments présents en distinguant :

- l'habitat (individuel, ou collectif) ;
- les établissements de soins et de santé ;
- les établissements d'enseignement (écoles...).

Les bases de données disponibles sont :

- la BD ORTHO® de l'IGN (Institut Géographique National), base de données images, qui permet de délimiter les éléments structurants de l'occupation des sols sous forme uniforme ;
- la BD TOPO® de l'IGN, base de données vecteurs, permet d'intégrer les objets bâtiments dans la simulation acoustique ;
- d'autres bases de données peuvent venir compléter des informations déjà existantes. Il s'agit par exemple du cadastre, des POS (plans d'occupation des sols) ou des PLU (plans locaux d'urbanisme), des photos aériennes, de sources locales diverses.

Enfin, des visites de terrain permettent de vérifier et de compléter ces informations (elles ont bien souvent été réalisées à proximité des voies dans le cadre des observatoires du bruit).

Pour les bâtiments publics, les fichiers ERP des services départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS) et des services interministériels de Défense et de Protection civile (SIDPC) des préfectures peuvent donner l'adresse, le type, la catégorie et la capacité d'accueil de ces établissements.

Cependant, ces bases de données n'ont pas toutes la même échelle ni la même nomenclature.

Les données populations 5.7

L'évaluation du nombre de personnes exposées par tranches de niveaux sonores, demandée par la directive, nécessite d'estimer la population de la zone d'étude dans les bâtiments à usage d'habitation (qu'elle soit principale, secondaire ou vacante). Il n'est pas demandé de dénombrer certaines catégories de population non-résidente mais présente à divers titres ; on se contentera de dénombrer uniquement le nombre d'établissements d'enseignement et de santé.

Comme pour les bases de données précédentes, les sources internes, souvent mieux renseignées, sont à consulter en priorité.

Le choix de l'échantillon pour les communes de plus de 10 000 habitants se fait au niveau de l'immeuble et non plus au niveau de l'îlot, grâce au Ril, un répertoire d'immeubles localisés servant de base de sondage au recensement.

Les résultats du recensement de la population seront disponibles à l'échelle communale et à l'échelle de l'iris sur différents supports auprès de l'Insee.

Ce n'est qu'à fin 2008, à l'issue des cinq premières enquêtes, que l'on pourra disposer des premiers résultats statistiques complets.

5.7.1 Sources des données¹

Les principales données démographiques utilisées en France proviennent du recensement de la population de l'Insee. Elles sont disponibles à l'échelle de périmètres techniques (îlots ou iris par exemple) ou administratifs (communes par exemple).

5.7.1.1 L'Insee

Les chiffres diffusés par l'Insee sont les seules données légales permettant de décrire la population française (les résultats du recensement 1999 ont été authentifiés par le décret du 17 octobre 2000).

Depuis janvier 2004, le recensement de la population française est réalisé par enquête annuelle. La commune reste le territoire de base de la collecte. Pour les communes de plus de 10 000 habitants, une enquête par sondage est réalisée chaque année auprès d'un échantillon de 8% de la population, et pour les communes de moins de 10 000 habitants, le recensement est exhaustif. En effet dans ce dernier cas, une commune sur cinq est enquêtée chaque année, soit au bout de cinq ans, 100 % des communes et des habitants.

5.7.1.2 Les données disponibles à l'échelle communale

Les données sont disponibles sous les supports suivants :

- sur **Internet** : plusieurs indicateurs sont accessibles gratuitement sur le site de l'Insee (www.insee.fr). Sont répertoriés notamment : la population communale par tranches d'âge (0-19 ans, 20-39 ans, 40-59 ans, 60-74 ans, 75 ans ou plus), le nombre de logements, la part des logements collectifs et individuels, le nombre de logements vacants, la taille des ménages... issus du recensement de la population de 1999 ;
- au **format papier** : pour chaque département, l'Insee édite un fascicule orange intitulé *Évolutions démographiques 1982-1990-1999* qui présente l'évolution de la population pour toutes les communes. Les données concernent la population et le logement ;
- sur **cédérom** : pour chaque département, l'Insee diffuse un cédérom *Communes...* Profils présentant un très grand nombre d'indicateurs (800) traitant des thèmes suivants : population, activité, migrations (résidentielle et domicile-travail) et logement.

Éléments issus d'une étude 1
réalisée par le Cete
de Rouen pour le compte
du Certu dans le cadre
de la mise au point
du guide *État initial des
études air.*

5.7.1.3 Les données disponibles à l'échelle infra communale²

Pour la plupart des communes de plus de 5 000 habitants, et la totalité au-delà de 10 000 habitants, les données de population sont disponibles à une échelle plus fine que celle de la commune, il s'agit de zonages dits infra communaux.

Pour les besoins de la collecte et de la diffusion du recensement de la population, l'Insee a procédé à un découpage de certaines communes en îlots (découpage le plus fin qui soit disponible) et en Iris (Ilots Regroupés selon des Indicateurs Statistiques) :

- **l'îlot** résulte d'un découpage des communes de taille importante en entités géographiques équivalentes à des pâtés de maisons. Toutes les communes de plus de 10 000 habitants, et certaines moins importantes comprises dans les agglomérations de plus de 50 000 habitants, font l'objet d'un découpage en îlots. L'îlot constitue l'unité géographique la plus petite pour le recensement de la population, il y en a 220 000 en France. Le découpage en îlots est abandonné depuis 2004 car c'est maintenant le Ril qui sert de base de sondage. Les données du recensement rénové ne seront donc pas diffusées à l'îlot.

- **l'Iris-2000** correspond au découpage de la commune en quartiers dont la population se situe entre 1 800 et 5 000 habitants. Ces Iris-2000 peuvent regrouper plusieurs îlots. Environ 1 800 communes sont découpées en Iris-2000 : toutes les communes d'au moins 10 000 habitants et la plupart des communes de 5 000 à 10 000 habitants. Pour les communes de plus de 5 000 habitants, l'Iris est la zone géographique minimale obligatoire pour la diffusion à tous publics des comptages, listes et tableaux du recensement de la population de 1999 (hors variables sensibles) et du fichier logements pour les communes de plus de 5 000 habitants. La France compte environ 17 000 Iris-2000, non compris les 35 000 communes les plus petites non-redécoupées en quartiers mais figurant dans le découpage en tant qu'Iris-2000.

Les données de population à l'échelle de l'Iris-2000 et de l'îlot sont diffusées par l'Insee sous la forme de bases de données : il s'agit en particulier d'Ilots... 15, *Iris...Références*, *Iris...Profils* et *Iris... Analyses*.

Il est aussi possible de « remonter » de l'échelle de l'îlot à celle de l'Iris grâce à la base de données *Correspondances Iris-Ilots* (toujours pour le RP99).

Les Iris et les îlots sont disponibles sous forme géographique pour être intégrés dans un SIG. Si toutes les données du recensement sont disponibles à l'échelle des Iris, seules quinze variables sont disponibles à l'échelle des îlots.

5.7.1.4 Évolution des sources de données Insee

Comme détaillé plus haut, le nouveau système de recensement de la population par l'Insee qui se met en place progressivement (2004-2008) prévoit une mise à jour annuelle.

La brique de base pour la diffusion des données du recensement est l'Iris. Les données à l'échelle du Ril ne peuvent être diffusées pour des raisons de confidentialité. L'Insee proposera toutefois des données dans des zonages thématiques, à la demande – sous condition que ceux-ci dépassent 2000 habitants – issus d'un ensemble d'adresses.

5.7.2 Autres sources

5.7.2.1 La base de données des services fiscaux : Filocom

Filocom est la base de données issue des fichiers fiscaux sur la taxe d'habitation, l'impôt sur le revenu et la taxe foncière.

Les données initiales sont recueillies à l'échelle du logement et, pour des raisons de confidentialité, sont agrégées au niveau de la section cadastrale.

Il s'agit d'une base alphanumérique, le code de section cadastrale permettant de lier les données avec le cadastre numérisé.

La base Filocom est très riche en informations, notamment, sur les logements (types de logements, mode d'occupation, caractéristiques du logement, statut d'occupation des résidences principales) mais aussi sur leurs occupants et sur les mutations.

Remise à jour tous les deux ans, Filocom produit alors des données disponibles à la commune ou

² Éléments issus de l'étude *Méthode d'estimation de population, comparaison et seuils de validité* - Certu, Cete Normandie-Centre.

à la section cadastrale ; elle est gérée au ministère de l'Équipement par le Cete Nord-Picardie, qui peut en faire des extractions à la demande.

Mais gare aux superpositions : les découpages administratifs de l'Iris ne se superposent pas avec ceux de la section cadastrale.

5.7.2.2 Sources locales diverses

Certains organismes sont susceptibles de détenir des informations de population pour leurs besoins propres.

D'une manière non exhaustive, nous citerons :

- les collectivités locales (communes principalement) ;
- les agences d'urbanisme ;
- certains organismes de services (EDF, France Telecom, service de distribution des eaux).

5.7.2.3 Sources spécifiques à des types d'occupations particuliers

Les Agences régionales d'hospitalisation (ARH) devraient pouvoir fournir des données concernant les établissements de soins et de santé, et les académies (ministère de l'Éducation nationale) pour les établissements d'enseignement.

La base de données du réseau Finess (Fichier national des établissements sanitaires et sociaux) permet de localiser les établissements de santé, les crèches collectives et les établissements accueillant des personnes âgées (90 000 établissements). C'est la Dress (direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques) qui est responsable de ce répertoire, mis à jour par les Ddass et Drass.

5.7.3 Utilisation des données collectées

L'appréciation de la population exposée dépendra fortement de la connaissance des bâtiments présents sur le site : usage, localisation et quantité. Selon les données disponibles pour identifier les bâtiments (voir à ce sujet le chapitre « Données bâtiments et occupation du sol »), l'évaluation de la population exposée sera faite de façon plus ou moins précise.

En effet, les données de population sont disponibles selon des zonages administratifs (commune, iris, section). Il s'agira donc de « ventiler » ces données dans des zonages thématiques ne regroupant pas forcément un ensemble complet d'Iris ou de sections.

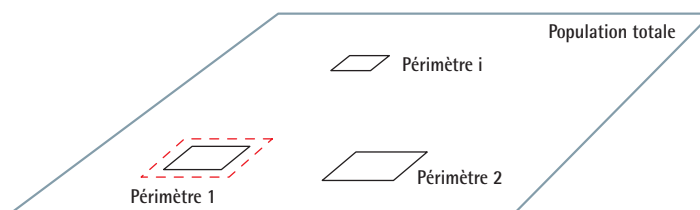
Harmonisé au niveau européen, le décompte des populations touchées par le bruit demande d'affecter la population d'un bâtiment considéré au niveau de bruit le plus élevé, constaté à une hauteur de 4 mètres en façade de ce bâtiment. Différentes méthodes, à différents degrés de précision, sont données ci-après.

5.7.3.1 Méthode 2D : méthode sur le linéaire de bâti

En l'absence d'informations sur la hauteur du bâti, on affecte la population selon des critères uniquement en 2D. Pour cela on applique la méthode suivante, pour chaque typologie de zone bâtie :

- détermination pour chaque îlot Insee d'un nombre de personnes par mètre de façade de bâtiment d'habitation (en pointillé rouge sur le schéma) égal à la population totale de l'îlot divisée par le linéaire total de façades de bâtiments d'habitation comprises dans l'îlot considéré ;
- affectation à chaque bâtiment de la population correspondante égale au linéaire de façade du bâtiment considéré multiplié par le ratio précédent.

Il est nécessaire ensuite de contrôler avec la population totale de l'îlot.



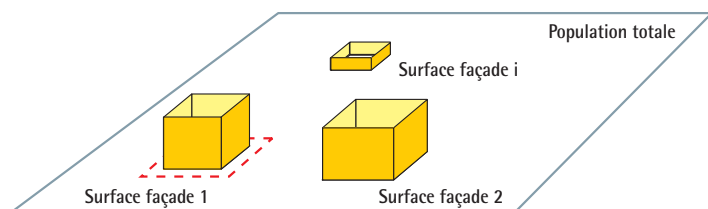
Selon les tests de sensibilité effectués par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon au printemps 2006, cette méthode est susceptible d'induire une sous-estimation de la population comprise entre -19% et -30% selon le site. Plus le site est composé de collectifs hauts et plus l'affectation devient inadaptée.

5.7.3.2 Méthode 3D forfaitaire

En l'absence d'informations sur la hauteur du bâti, des hauteurs forfaitaires sont attribuées selon la typologie de la zone bâtie. On applique alors la méthode suivante *uniquement dans des zones comprenant différentes typologies de bâti* :

- affectation à chaque bâtiment d'une hauteur par défaut selon la typologie de zone bâtie à laquelle il appartient ;
- détermination pour chaque îlot Insee d'un nombre de personnes par surface de façade de bâtiment d'habitation égal à la population totale de l'îlot divisée par la surface totale de façades de bâtiments d'habitation (rectangles jaunes sur le schéma) comprises dans l'îlot considéré ;
- affectation à chaque bâtiment de la population correspondante égale à la surface de façade du bâtiment considéré multiplié par le ratio précédent.

Il est nécessaire ensuite de contrôler avec la population totale de l'îlot.



Selon les tests de sensibilité effectués par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon au printemps 2006, cette méthode ne redresse que partiellement la sous-estimation relevée dans la méthode précédente. Les écarts avec la situation de référence restent importants, entre -13% et -20%.

5.7.3.3 Méthode 3D différenciée

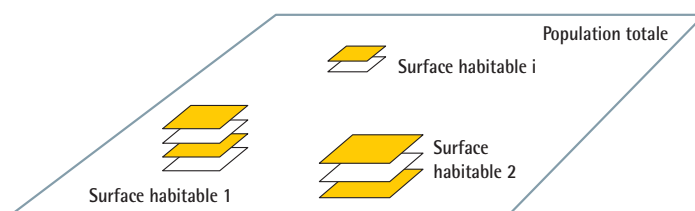
À partir d'une hauteur connue des bâtiments, estimation de la surface habitable et affectation de la population selon les ratios déterminés. On applique la méthode suivante par typologie bâtie, pour un îlot Insee donné :

- détermination pour chaque îlot Insee d'un nombre de personnes par surface habitable égal à la population

totale de l'îlot divisée par sa surface habitable totale. Cette surface est obtenue en sommant les surfaces habitables de tous les bâtiments d'habitation de l'îlot, c'est-à-dire les surfaces correspondant à la surface au sol multipliée par le nombre d'étages du bâtiment multipliée par 0,85 (permet de prendre en compte les parties communes) ;

- détermination pour chaque bâtiment de la surface habitable égale à la surface au sol multipliée par le nombre d'étages et multipliée par 0,85 ;
- affectation à chaque bâtiment de la population correspondante égale à la surface habitable du bâtiment considéré multipliée par le ratio précédent.

Il est nécessaire ensuite de contrôler avec la population totale de l'îlot.



Selon les tests de sensibilité effectués par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon au printemps 2006, cette méthode fournit les meilleurs résultats, puisque les écarts relevés ne sont que de quelques pour-cent.

Dans les méthodes 3D et 3D différenciée, on postule que chaque niveau, rez-de-chaussée compris, est habité. Cette approche peut en fait être adaptée selon le type de quartier étudié, car si les rez-de-chaussée sont effectivement habités en secteur d'habitat collectif, ce n'est évidemment pas le cas en centre-ville.

En l'absence de données locales, les valeurs par défaut suivantes pourront être employées (ratios provenant d'études sur la région Ile-de-France) :

- 2,7 habitants par logement (habitat individuel) ;
- 0,035 habitant par m² (habitat collectif).

Les données météorologiques 5.8

La propagation sonore en milieu extérieur est fortement influencée par les variations verticales de température de l'air et de vitesse et direction du vent.

Pour les bruits routiers et ferroviaires, la prise en compte de ces effets météorologiques s'effectue par une approche « long terme » en appliquant des valeurs d'occurrences des conditions favorables à la propagation du son. Ces valeurs sont fournies en fonction :

- du lieu géographique (une quarantaine de stations météo réparties sur le territoire français métropolitain) ;
- de l'angle principal de propagation du son (défini par pas de 20°), depuis le point source vers le récepteur, par rapport au nord géographique ;
- de la période, jour (6h-22h) ou nuit (22h-6h).

Ces valeurs d'occurrence sont consignées en Annexe C de la norme XP S31-133 :2001.

Pour le calcul du Lden, on considère les valeurs d'occurrences suivantes :

- valeur d'occurrence « jour » pour le calcul du L_{jour} (6h-18h) ;
- valeur d'occurrence « soirée » pour le calcul du $L_{\text{soirée}}$ (18h-22h) ;
- valeur d'occurrence « nuit » pour le calcul du L_{nuit} (22h-6h).

La norme XP S31-133 : 2001 ne propose pas de valeurs d'occurrence pour les périodes 6h-18h et 18h-22h, elle se limite aux périodes 6h-22h et 22h-6h. Dans l'attente des résultats d'une étude détaillée programmée pour 2007, destinée à produire les valeurs d'occurrence sur les périodes 6h-18h et 18h-22h, nous proposons de suivre la règle d'approximation suivante :

- Valeur d'occurrence « jour 6h-18h »
= Valeur d'occurrence « jour 6h-22h »
- Valeur d'occurrence « soirée 18h-22h »
= Valeur d'occurrence « jour 6h-22h »

Les occurrences météorologiques ne s'appliquent pas aux zones dont l'altitude excède 500 mètres. Dans ce cas, on utilise des valeurs forfaitaires d'occurrence des conditions favorables. En l'absence de valeurs connues, la NMPB recommande d'adopter une valeur de 50 % pour la période 6h-22h et de 100 % pour la période 22h-6h. La surestimation de ces valeurs d'occurrence se justifie dans le cadre de dimensionnement d'ouvrage, elle n'apparaît pas souhaitable dans le cadre de la production des cartes de bruit stratégiques. Nous proposons donc de prendre les valeurs moyennes issues de l'annexe C de la norme XP S31-133 : 2001 établies à 35 % pour la période 6h-22h et à 85 % pour la période 22h-6h, quelle que soit la direction géographique, soit :

- 35 % d'occurrences « favorables » pour la période jour (6h-18h),
- **35 % d'occurrences « favorables » pour la période soirée (18h-22h),**
- 85 % d'occurrences « favorables » pour la période nuit (22h-6h).

S I X I È M E C H A P I T R E

Méthode de production des cartes de bruit stratégiques

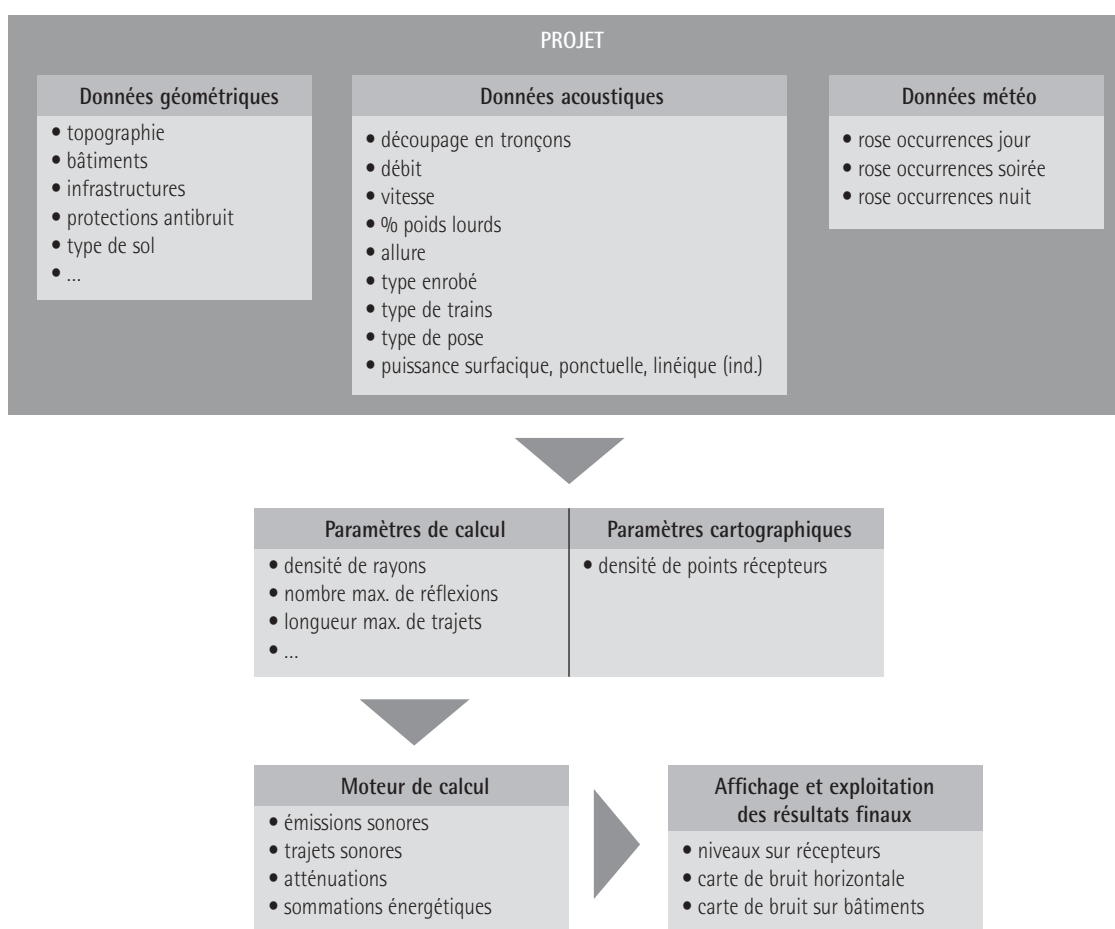
6.1 Méthodes de calcul des niveaux sonores

Les méthodes de calcul prévisionnel des niveaux sonores diffèrent selon l'origine du bruit à évaluer. Pour la réalisation des cartes de bruit stratégiques selon la directive 2002/49/CE, on applique les méthodes suivantes :

- la norme XP S31-133 :2001 pour les bruits routier et ferroviaire ;
- le texte de la Doc. 29 de la CEAC pour le bruit aérien ;
- la norme ISO 9613-2 :1993 pour le bruit industriel.

L'organigramme ci-après récapitule les principales étapes de la méthode de production des cartes de bruit.

Organigramme de la méthode de production de cartes de bruit (hors trafic aérien)



6.1.1 Méthode de calcul pour le bruit routier

La méthode nationale pour la prévision du bruit routier est décrite dans la norme XP S31-133 :2001 *Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques*.

L'originalité de cette méthode est d'effectuer, pour chaque trajet acoustique, deux calculs successifs du niveau sonore correspondant à deux situations météorologiques distinctes :

- le niveau de bruit LH correspondant à des conditions météorologiques « non-favorables » à la propagation (c'est-à-dire « homogènes » ou « défavorables ») ;
- le niveau de bruit LF correspondant à des conditions météorologiques « favorables » à la propagation.

Le niveau sonore moyen de « long terme » est alors obtenu, pour chaque trajet acoustique, par moyennage énergétique de LH et LF pondéré par leurs occurrences météorologiques respectives.

Dans cette méthode, les atténuations sonores calculées sont les suivantes :

- la divergence géométrique ;
- l'absorption atmosphérique ;
- l'effet de sol (avec distinction entre zones absorbantes et zones réfléchissantes) ;
- la diffraction par les obstacles (notamment écrans antibruit et bâtiments) ;
- les réflexions sur les surfaces (la plupart du temps verticales ou quasi verticales, telles les façades de bâtiments et écrans) ;
- les effets météorologiques par l'application d'occurrences météorologiques de long terme (voir §5.8).

6.1.2 Méthode de calcul pour le bruit ferroviaire

La prévision du bruit ferroviaire s'effectue par application de la norme XP S31-133 :2001 *Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques*, couplée avec la *Base de données trains* de la SNCF. La méthode est identique à celle appliquée au cas du bruit routier

(voir paragraphe 6.1.1). Certaines adaptations au bruit ferroviaire concernent :

- les hauteurs des sources équivalentes ;
- les directivités horizontales et verticales de ces sources ;
- l'interaction caisse-écran (c'est-à-dire la prise en compte des réflexions sonores multiples entre la caisse réfléchissante quasi verticale du train et la face en regard de l'écran antibruit construit en bordure de l'infrastructure ferroviaire) ;
- l'impédance du ballast.

La non prise en compte de cet effet caisse-écran peut entraîner une sous-estimation du niveau sonore reçu de l'ordre de 5 dB(A).

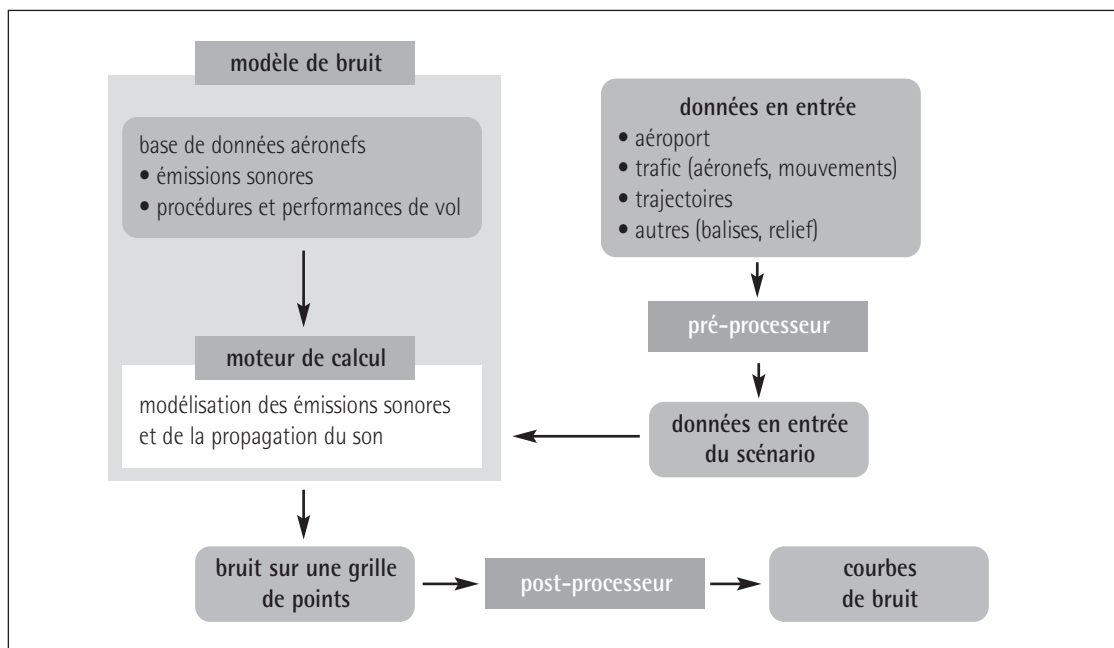
6.1.3 Méthode de calcul pour le bruit des aéronefs

Concernant la modélisation du bruit des avions, la directive 2002/49/CE (annexe II, article 2.2) préconise la méthode de segmentation mentionnée dans le *Doc. 29* de la CEAC *Rapport sur la méthode normalisée de calcul des courbes de niveau de bruit autour des aéroports civils*, 1997. Une révision de ce document et une description détaillée de la méthode révisée date de décembre 2005 (3^e édition). Une fois révisé, ce nouveau document deviendra la référence européenne en matière de modélisation du bruit aérien.

Outre le doc. 29 de la CEAC, le guide technique méthodologique sur l'élaboration des PEB et des PGS du Service technique de l'aviation civile (STAC) décrit également la méthode de modélisation du bruit des avions et en souligne les aspects essentiels : ce guide, en cours de révision est consultable sur le site Internet du STAC.

La modélisation s'effectue en quatre étapes :

- 1) le recueil des données : infrastructures, trafic, trajectoires ;
- 2) la modélisation des flux de trafic des données futures, des évolutions et leur mise au format adéquat ;
- 3) l'établissement des courbes de bruit, l'exportation de ces courbes sur fond de cartes SIG ;
- 4) l'estimation des personnes, logements, hôpitaux et écoles exposés au bruit.



Le logiciel INM (Integrated noise model) est actuellement retenu par la DGAC pour la modélisation du bruit des avions.

Au code de calcul utilisé pour la modélisation du bruit des avions est systématiquement associée une base de données comprenant des informations relatives aux caractéristiques acoustiques et aux performances des avions. La base de données européenne ANP (Aircraft noise and performance database) citée dans l'article 2 (II, 2°) de l'arrêté du 4 avril 2006, regroupe l'ensemble des informations suivantes pour les avions documentés :

- courbes d'atténuation du bruit en fonction de la distance et du régime moteur (courbes NPD : noise power distance) ;
- classe spectrale ;
- caractéristiques aérodynamiques et coefficients poussée/bruit des moteurs ;
- profils de vol des avions (vitesse, altitude, régime moteur) pendant les phases d'atterrissage et de décollage.

Cette base de données publiques est disponible sur Internet (www.aircraftnoisemodel.org). Elle ne comprend pas de données relatives aux hélicoptères ni aux avions militaires et ne couvre pas non plus la totalité des avions civils en service : il est donc souvent nécessaire de procéder à des substitutions d'avions les plus pertinentes possibles, en fonction des données disponibles. La base de données est,

en règle générale, assez complète pour les avions commerciaux standard et des propositions de substitutions sont prédéfinies. Pour les aéronefs d'aviation générale, les substitutions doivent prendre en compte la masse et les caractéristiques acoustiques des avions.

6.1.4 Méthode de calcul pour le bruit industriel

La méthode de calcul à appliquer pour le bruit industriel est la norme ISO 9613-2 :1993 « Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. Partie 2 : méthodes générales de calcul ».

Dans cette méthode, les atténuations sonores évaluées sont les suivantes :

- la divergence géométrique ;
- l'absorption atmosphérique ;
- l'effet de sol (avec distinction entre zones absorbantes et zones réfléchissantes) ;
- la diffraction par les obstacles (notamment écrans antibruit et bâtiments) ;
- les réflexions sur les surfaces (la plupart du temps verticales ou quasi-verticales, telles les façades de bâtiments et écrans).

Les principales différences de cette méthode par rapport à celle décrite dans la norme française XP S31-133, sont les suivantes :

- les calculs sont effectués uniquement en conditions météorologiques « favorables » à la propagation ;
- la prise en compte in fine de conditions météorologiques long terme s'effectue par « l'estimation » d'un terme correctif ($C_{météo}$) appliqué directement au résultat global en dB(A), sans approche fréquentielle.

La norme ISO 9613-2 propose, en outre, des formulations très simplifiées permettant l'évaluation de l'atténuation sonore lors de la propagation :

- à travers le feuillage d'un bois ou d'une forêt ;
- à travers un site industriel encombré ;
- à travers une zone urbanisée dont la densité est connue.

Dans chacun de ces trois cas, la zone particulière (boisée, industrielle ou urbanisée) est modélisée comme un volume « homogène » diffusant. Il est à noter que les résultats issus de telles expressions simplifiées ne permettent de dégager que des tendances très générales de l'évolution spatiale du niveau sonore sur le site, sans possibilité de finesse.

6.2 Méthodes de mesure des niveaux sonores

Les grandeurs fondamentales utilisées, ainsi que les méthodes générales d'évaluation, de caractérisation et de mesurage des bruits de l'environnement font l'objet de la norme NF S31-110:1985. Cette dernière définit en outre le type de sonomètre intégrateur à utiliser ainsi que l'emplacement des mesurages, soit à 2 mètres de la façade dans le cas de la mesure d'exposition au bruit des riverains.

La description et la classification des instruments de mesures des niveaux sonores sont données dans la norme européenne NF EN 60804 :2001 « Sonomètres intégrateurs moyenneurs ».

Des mesures acoustiques sur site peuvent s'avérer ponctuellement intéressantes pour affiner le calage des paramètres de modélisation sonore.

6.2.1 Méthode de mesure pour le bruit routier

Certaines villes disposent (ou disposeront dans les prochaines années) d'un observatoire du bruit sous forme d'un réseau de surveillance de la qualité sonore (Ile-de-France, Grand Lyon, Communauté urbaine de Lille...). Les données collectées en bordure de certaines infrastructures peuvent être utilisées pour aider à la réalisation des cartographies urbaines.

Il est également possible de réaliser des mesures (minimum 24 heures) en bordure de certaines rues, où les paramètres d'émission sonore ne sont pas connus. On cherchera alors en priorité à placer cette mesure au point de référence au sens du classement sonore (en tissu ouvert sur une façade fictive à 10 mètres du bord et 5 mètres de hauteur et en rue en U directement en façade).

La mesure du bruit issu d'infrastructures routières est effectuée selon la norme française NF S31-085 :2002 « Acoustique – Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier ».

Pour évaluer un L_{den} à partir de mesures sur site, la période totale de mesurage doit être d'au minimum

24 heures (au minimum 12 heures pour la période jour 6h-18h, 4 heures pour la période soirée 18h-22h et 8 heures pour la période nuit 22h-6h).

On peut alors estimer un « niveau sonore de long terme trafic » à partir, notamment, de la connaissance de la variation court terme/long terme du débit moyen et de vitesse moyenne du flot de véhicules. On s'attache cependant à effectuer les mesurages au cours d'une journée suffisamment représentative de l'année en terme de trafic.

En revanche, la prise en compte des conditions météorologiques long terme, par rapport aux conditions court terme de mesures, n'est pas aisée, et peu recommandée. La partie 8 de la norme NF S31-085 :2002 ne propose finalement qu'une méthode de détermination des conditions météorologiques, mais pas de termes correctifs permettant d'extrapoler les résultats de mesures court terme à un comportement long terme.

6.2.2 Méthode de mesure pour le bruit ferroviaire

La mesure du bruit issu d'infrastructures ferroviaires est effectuée selon la norme française NF S31-088 :1996 « Acoustique – Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation ». Pour évaluer un L_{den} à partir de mesures sur site, la période totale de mesurage doit être d'au minimum 24 heures (au minimum 12 heures pour la période jour 6h-18h, 4 heures pour la période soirée 18h-22h et 8 heures pour la période nuit 22h-6h).

Pour le bruit ferroviaire, il est nécessaire d'effectuer un enregistrement non intégré du $L_{Aeq,1s}$, suffisamment proche de l'infrastructure de transport. Concrètement, il s'agit d'isoler (de « coder ») chaque passage de train afin de calculer, sur chaque période jour/soir/nuit, le niveau sonore $L_{Aeq}[FER]$ dû uniquement à ces passages ferroviaires. Pour ce faire, l'émergence du niveau sonore au passage

du train ($L_{Amax,1s}$) doit être au minimum 10 dB au-dessus du bruit résiduel.

Un premier « codage » des événements ferroviaires peut être effectué automatiquement par réglage d'un seuil de détection et d'une durée minimale de l'événement détecté. Puis on revient sur chaque événement pour affiner l'analyse.

On peut finalement estimer un « niveau sonore de long terme trafic » à partir, notamment, de la connaissance de la variation entre période de mesurage et période de long terme du débit moyen et de vitesse moyenne, ceci par catégorie de train. On s'attache cependant à effectuer les mesurages au cours d'une journée suffisamment représentative de l'année en terme de trafic.

Enfin, comme pour le cas du routier, la prise en compte des conditions météorologiques long terme, par rapport aux conditions de la période de mesurage, n'est pas recommandée. D'ailleurs, l'annexe B de la norme NF S31-088 :1996 n'est qu'une méthode de consigne des paramètres météorologiques.

6.2.3 Méthode de mesure pour le bruit des aéronefs

6.2.3.1 La mesure du bruit des aéronefs dans l'environnement

L'arrêté du 20 juillet 2004 décrit les conditions générales applicables aux dispositifs de mesure de bruit et de suivi des trajectoires des aéronefs. La mesure de bruit caractérisant un événement sonore isolé du L_{den} est réalisée en LAE : niveau acoustique d'exposition (en anglais SEL : sound exposure level).

Pour atteindre la représentativité annuelle visée par la directive, plusieurs critères doivent être respectés. Le choix de la localisation des sites de mesurage doit garantir un enregistrement de tous les mouvements, ce qui implique de positionner le site en amont d'une importante dispersion de trajectoires.

Le bruit d'avion sera donc mesuré en des points non exposés à des sources sonores parasites, situés de préférence sous chaque axe de piste (ou à proximité) aux distances suivantes :

- 1,5 km (petits aérodromes) à 8 km du lâcher des freins pour les mesures dédiées aux bruits au décollage ;

- 0,8 km (petits aérodromes) à 5 km du toucher des roues pour les mesures dédiées au bruit en approche.

6.2.3.2 Les données nécessaires

Afin de mesurer les énergies sonores globales à l'atterrissage et au décollage, il est nécessaire de pouvoir associer à chaque bruit mesuré un mouvement d'aéronef correspondant.

Événement aéronautique :

Est considéré comme événement aéronautique tout événement sonore correspondant à un mouvement dépassant un seuil pendant une durée donnée, comprise entre un minimum et un maximum (définis en fonction de la localisation de la station et du type d'aéronef / sa vitesse).

Corrélation bruit et aéronef :

La corrélation entre un événement sonore et un mouvement d'avion s'effectue à l'aide des informations radar, permettant d'identifier complètement l'avion source et sa trajectoire. Elle permet d'éviter des enregistrements parasites correspondant à des événements non aéronautiques.

6.2.4 Méthode de mesure pour le bruit industriel

Contrairement au bruit des infrastructures de transports, la problématique du bruit industriel est le plus souvent très localisée. Elle s'apparente en cela à la problématique des bruits dits de voisinage, abordée selon une logique d'émergence maximale du bruit : différence entre le niveau de bruit ambiant (installation considérée en fonctionnement) comparée avec le niveau de bruit résiduel (installation à l'arrêt).

Les textes réglementaires français relatifs au bruit émis par les installations classées, notamment l'arrêté du 23 janvier 1997, font appel aux notions combinées d'émergence sonore dans le voisinage (en « zones à émergences réglementées ») et de niveaux seuils en limites de propriété de l'industriel.

Ce sont ces niveaux de bruit ambiant qu'il s'agit de caractériser dans le cadre de la cartographie, et pour lesquels des mesures doivent être réalisées.

L'objectif des mesures est, soit de « calibrer » le modèle acoustique du site lors de sa construction, soit de le valider par confrontation à des résultats calculés et mesurés.

La méthode de mesurage est dictée par la norme NF S 31-010 (méthode d'expertise de préférence).

La durée des mesures doit être adaptée au process industriel considéré, au fonctionnement global du site (horaires, variabilité...). Dans certains cas, des mesures de quelques minutes sont suffisamment représentatives, mais il est recommandé d'effectuer les mesures sur des durées plus longues, en général 24 heures, voire plus en cas de fortes fluctuations des bruits émis.

Les conditions météorologiques nécessitent d'être relevées et prises en considération, même si les points de mesures sont proches des sources, en particulier dans le cas de sources en hauteur (cheminées, sources en toiture...).

Il est souvent délicat « d'isoler » la contribution sonore d'un site industriel du bruit résiduel dû aux infrastructures de transports ou autres installations industrielles environnantes. On a alors recours à des techniques de séparation des contributions sonores relatives des différentes sources en présence : codage des LAeq courts (comme pour le bruit ferroviaire) ou, plus souvent, utilisation des indicateurs statistiques, comme le L50 (préconisé par l'arrêté du 23 janvier 1997 lorsque l'écart entre le LAeq et le L50 est supérieur à 5 dB(A)), ou le L90.

Très utiles aussi les analyses fréquentielles (par bandes de tiers d'octave) qui permettent de mieux caractériser le bruit industriel et de déterminer les éventuelles « tonalités marquées » (démarche intéressante lors de la définition d'un plan de réduction du bruit).

Lorsque cela est possible (concertation nécessaire avec les responsables d'exploitation du site industriel),

il est opportun de disposer des données de production de l'établissement le (ou les) jour(s) de mesures, afin de valider la représentativité des émissions sonores vis-à-vis d'un jour « moyen ».

Précisons enfin que les mesures en limites de propriété se font en principe à 1,5 m de hauteur, mais que dans certains cas, il sera justifié de les réaliser à une hauteur plus élevée (par exemple 4 mètres), notamment en présence de murs d'enceinte, de sources en hauteur, ou dans le cas de la confrontation mesures/calculs, ces derniers étant effectués à 4 mètres.

Notion de précision pour le calcul des cartes 6.3

On tente de caractériser, à partir de résultats de niveau sonore prévisionnel, l'enjeu sur la précision des paramètres suivants pour la production d'une carte de bruit :

- prise en compte des effets météorologiques ;
- ordre maximal de réflexions sur un trajet sonore ;
- longueur maximale des trajets sonores ;
- densité de points récepteurs en façade ;
- densité de points du maillage des cartes.

Ces enjeux sont envisagés pour trois typologies de tissu urbain :

- centre-ville et rues en U (tissu fermé) ;
- milieu urbain (tissu semi-ouvert) ;
- milieu faiblement bâti (tissu ouvert).

Enjeu sur la prise en compte des effets météorologiques

En tissu fermé, les effets météorologiques ont très peu d'influence sur la valeur du niveau de bruit prévisionnel, car d'une part, les sources sonores sont souvent très proches des récepteurs, et que d'autre part, la forte densité de bâtiments de grande hauteur ainsi que l'activité humaine réduisent fortement les gradients de vitesse de vent et de température, et donc les effets météorologiques.

En tissu semi-ouvert, les abords de l'infrastructure peuvent être suffisamment dégagés pour que ces gradients de vitesse de vent et de température s'établissent. Ce phénomène est d'autant plus marqué que le volume bâti est alors, en moyenne, nettement moins élevé (présence de lotissements, par exemple) ; les effets météorologiques deviennent alors sensibles.

Dans le cas du tissu ouvert, les effets météorologiques sont maximaux et ceci pour plusieurs raisons interdépendantes : les distances de propagation de l'infrastructure aux récepteurs peuvent être importantes ce qui permet, dans ces espaces peu bâtis, aux gradients de vitesse de vent et

de température de s'établir et, en interaction avec les effets de sol et d'obstacles, d'influer très fortement sur le niveau de bruit reçu.

Enjeu sur l'ordre de réflexion des trajets sonores

En tissu fermé, le phénomène de multiréflexion des ondes sonores entre façades parallèles d'une rue en U est très fréquent. L'enjeu en terme de précision des mesures est d'autant plus important que la rue est étroite.

Pour un tissu semi-ouvert, ce phénomène est moindre hormis dans la configuration d'un lotissement s'étendant sur une large zone le long d'une infrastructure de transport.

Dans le cas d'un tissu ouvert, l'effet de multiréflexion, dû à la faible densité de bâtiments, est généralement négligeable.

Cependant, dans le cas d'une route en tranchée ou bordée de part et d'autre d'écrans droits réfléchissants, le choix d'un ordre de réflexion suffisamment élevé dans les calculs de niveaux sonores, et ceci quel que soit le type de tissu, est important. En effet, un ordre de réflexion trop faible (inférieur à 3) peut entraîner une sous-estimation du bruit ambiant de l'ordre de 3 dB(A).

Enfin, les tests de sensibilité réalisés par le Cete de l'Est et le Cete de Lyon montrent qu'un ordre de réflexion de 3 représente le meilleur ratio temps de calcul / résultats.

Enjeu sur la longueur maximale des trajets sonores

Cette partie concerne en premier lieu les sources linéiques, et s'adresse donc en priorité aux sources sonores d'origines routière et ferroviaire.

En tissu fermé, fortement réverbérant, une bonne convergence des calculs est atteinte, en moyenne,

lorsque la ligne source est « vue » depuis le récepteur sous un angle minimum de 170°, ce qui correspond à une distance maximale de propagation d'environ 10 fois la distance directe à la source. Cependant, les récepteurs étant pour la plupart proches des sources (quelques mètres à quelques dizaines de mètres), la longueur maximale des trajets sonores permettant d'atteindre une convergence suffisante des calculs n'est pas limitative.

Lorsque le tissu est ouvert, l'angle minimum sous lequel doit être « vue » la ligne source depuis le récepteur est de 160°, ce qui correspond à une distance maximale de propagation d'environ 5 fois la distance directe à la source. Cependant, les distances de propagation en jeu étant alors beaucoup plus élevées, il convient de s'assurer que la longueur maximale autorisée des trajets sonores soit suffisante, et notamment pour ne pas « manquer » une source très éloignée, peu ou pas masquée, et dont le niveau de puissance est conséquent. Les tendances en tissu semi-ouvert sont situées entre celles des tissus fermé et ouvert.

Enjeu sur la densité de points récepteurs en façade

Pour les trois types de tissus, la variation du niveau sonore en façade la plus exposée au bruit dû au déplacement du récepteur le long de la façade (à 4 mètres de hauteur) reste faible dans la plupart des cas.

L'étude de sensibilité des Cete met ainsi en évidence que pour le choix du nombre de points de calcul, un seul point par façade reste suffisant.

Enjeu sur la densité de points de maillage des cartes

Pour être optimum, le maillage de la carte de bruit à hauteur fixe (4 mètres au-dessus du sol) devrait pouvoir s'adapter à la variation du niveau prévisionnel de pression acoustique dans la zone d'étude.

Dans un tissu ouvert, l'évolution spatiale du niveau sonore à hauteur fixe reste faible et assez constante : le maillage n'a pas besoin d'être dense.

Dans les zones fortement bâties, le maillage ne doit être dense que pour des directions perpendiculaires à la source linéaire ; dans une direction parallèle, l'enjeu est faible. Pour ce qui est des artères calmes, perpendiculaires à des axes bruyants, la décroissance du bruit dans l'artère secondaire (en fonction de l'éloignement à la source principale) est très constante et un nombre limité de points de maillage suffit.

En tissu semi-ouvert, le niveau sonore à hauteur fixe peut évoluer de façon significative et non-uniforme : il convient alors d'utiliser un maillage suffisamment dense.

L'ensemble des tendances est récapitulé, en terme d'enjeu, dans le tableau ci-après.

Caractérisation qualitative de l'enjeu (faible, moyen ou fort) sur la précision de certains paramètres pour la production des cartes de bruit

	Tissu fermé	Tissu semi-ouvert	Tissu ouvert
Effets météo	faible	moyen	fort
Ordre max. réflexion	moyen	moyen	faible
Longueur max. trajets	faible	moyen	fort
Densité de points récepteurs en façade	faible	faible	faible
Densité de points de maillage des cartes	moyen	moyen	faible

Mise en forme et diffusion des cartes produites 6.4

Le paragraphe 2.2 de ce guide a défini les différents types de cartes et leurs usages.

Quelles qu'elles soient, les cartes permettent de visualiser et de diffuser des données à une échelle réduite grâce à des processus d'identification, de généralisation et aussi de symbolisation permettant une meilleure lecture.

Ce nouveau chapitre aborde les différentes recommandations concernant la production, la diffusion et l'exploitation de ces cartes vis-à-vis du public. Avec, en premier lieu, la forme de production adaptée à chaque support de carte, puis la ou les procédures de mise à jour et enfin, les outils permettant leur diffusion.

6.4.1 Quelle forme pour quels supports ?

Les différents types de cartes présentées au chapitre 2 couvrent un large éventail des possibilités de représentations des documents à mettre en place pour répondre à la directive européenne.

Or, plus qu'une opération technique, la réalisation d'une carte est la construction d'une image permettant de véhiculer et de communiquer un savoir.

Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier le public visé et de définir la finalité de la carte. Pour le premier point, la carte stratégique couvre un large public, allant du citoyen, en passant par les élus et les décideurs, jusqu'au technicien spécialisé dans le domaine. Il devient alors difficile de trouver un compromis et d'introduire dans un même document des spécifications à l'attention de chacun. Si l'on souhaite, tout de même, produire un document unique, la règle est alors la simplification afin que le document soit compréhensible par tous. Sinon, il peut être envisagé de produire les informations demandées suivant différents types de supports adaptés à chacun.

Les cartes sont tout à la fois une source d'information, un support de transcription des données calculées, un produit d'aide à la décision, un outil de concertation et de communication. Pour répondre à toutes ces attentes, l'élaboration des cartes doit obéir à des règles précises de sémiologie graphique.

À ce stade de la démarche, les questions de sources de données et de contenu sont a priori réglées ; reste à choisir le type de représentation graphique.

Les différentes spécifications et recommandations permettant de produire une carte facile à lire et à comprendre, peuvent se regrouper suivant qu'elles concernent :

- la présentation de la carte ;
- son contenu ;
- son graphisme.

Au niveau des **recommandations générales de présentation de la carte** se posera d'abord la question du fond de plan, qui est un support et non une carte à part entière. Le fond de plan ne sert qu'à identifier l'espace et à localiser les informations thématiques. C'est pourquoi il est recommandé d'en réduire la densité graphique afin d'augmenter la qualité de lecture des cartes.

Quel que soit le type de carte, et préalablement à toute interprétation visuelle doivent clairement apparaître :

- le titre qui indique de façon claire et précise l'information traitée ;
- la légende, de préférence graphique, et qui donne des informations relatives aux thèmes traités ;
- l'échelle, déterminante pour une bonne utilisation et une bonne interprétation de la carte ;
- la date de réalisation de la carte ainsi que les origines et dates de référence des données ;
- tout texte associé à la carte.

L'échelle de la carte, compatible avec la taille des données d'entrée et du support utilisé, permet parfois de généraliser les informations. C'est bien souvent en choisissant le niveau d'échelle que

le concepteur de la carte décide du découpage des données à produire ou à publier : on réalise alors d'abord une carte générale de synthèse, puis des cartes de découpages. L'échelle de référence pour une carte d'agglomération, donnée par l'arrêté du 4 avril 2006, est le 1/10 000 minimum. Il est également envisageable, en cas de besoin, de recourir à des échelles différentes sur un même site (par exemple du 1/10 000 sur l'ensemble d'un site et du 1/5 000 sur des endroits à forts enjeux).

Précision des cartes / précision des calculs :

Il convient de rester vigilant sur la précision réelle des cartes affichées : en effet, la diffusion et la publication de cartes doivent être entourées de précautions afin de maintenir une représentation en adéquation, d'une part avec les incertitudes fixées pour le calcul des niveaux sonores, et d'autre part avec l'échelle initiale du support utilisé lors de la saisie des données : par exemple, un support à l'origine au 1/25 000 peut être agrandi au 1/10 000 pour des espaces peu urbanisés, mais perd toute validité au 1/5 000. Le dispositif de blocage de zoom permet d'éviter ce type de lecture.

Concernant la précision des calculs et son impact sur la représentation cartographique, à l'échelle du 1/10 000, 20 mètres sont représentés par 2 mm (60 mètres = 6 mm). Hors, dans le cas du trafic routier, lorsque celui-ci n'excède pas 20 à 30 000 véhicules par jour, la représentation des isophones 75 et au-delà va se situer à une distance maximale de 15 à 20 mètres du bord de la chaussée ; on se heurte alors à un problème de lisibilité de la carte.

Par ailleurs, il convient de privilégier l'usage des supports numériques disponibles au sein de l'agglomération, de manière à faciliter la lisibilité et l'utilisation ultérieure des cartes (par exemple pour leur mise à jour).

Le recours à ce type de données et aux systèmes d'informations géographiques devra toutefois être entouré de précautions vis-à-vis des lecteurs, notamment concernant la précision réelle des cartes et les incertitudes liées au support et à l'échelle initiale.

Passé ce premier contact, le lecteur engage l'exploration et l'interprétation du **contenu de la carte**. Le décryptage visuel d'une image passe par une série de brèves fixations qui balayent l'ensemble de l'image et amènent à une double perception : une vision globale (c'est le cas lorsqu'on identifie l'ensemble des zones calmes dans une agglomération), et une vision locale (cas d'une carte destinée à visualiser l'impact d'un plan d'action).

Si une carte est à vocation globale, il n'est pas judicieux de lui donner une interprétation locale où bien souvent le détail prime.

Il faudra enfin être réceptif aux différents niveaux de lectures : les informations qui sautent immédiatement aux yeux, puis celles que l'on découvre dans un second temps, et enfin des éléments qui apparaissent sur le fond de plan.

L'utilisation du **graphisme** en cartographie concerne essentiellement la production de symboles ou de textures en couleur. La gestion de la couleur répond le plus souvent à des conventions établies et se traduit par le choix entre l'utilisation de plusieurs couleurs ou d'une seule en dégradé.

Ces conventions, si elles ne font pas toujours référence à une norme, traduisent un ordre. À ce jour, il existe une norme française de cartographie NF S 31-130 (1997) « *Cartographie du bruit en milieu extérieur - Élaboration des cartes et représentation graphique* » sur laquelle on peut valablement se caler. Cette norme est en cours de révision et d'adaptation pour cadrer avec les besoins de la directive européenne et de sa transposition.

6.4.2 Mise à jour et diffusion des cartes

La diffusion d'informations et a fortiori d'une carte, en vue d'informer la population, suppose qu'elles soient fiables et à jour.

Se posent alors un certain nombre de questions et tout particulièrement celle de la périodicité de la mise à jour. Les textes réglementaires imposent un réexamen et éventuellement une mise à jour tous les cinq ans.

Ces mises à jour doivent porter sur plusieurs volets de l'acquisition, du traitement des données et de la publication des résultats :

- correction, s'il y a lieu, à la date n+1, des erreurs faites lors de l'établissement des documents à la date n ;
- ajout de toutes les nouvelles données (nouvelles voies, nouveaux bâtiments...) créées entre la date n et la date n+1.

Il est important de ne pas oublier de modifier les données prises à la date n par des valeurs forfaitaires, et qui à la date n+1 sont connues de façon réelle.

De même qu'il est nécessaire de vérifier la validité des hypothèses prises à la date n et de les réviser si nécessaire à la date n+1.

Pour bien gérer ces mises à jour dans le temps, il est recommandé d'indiquer sur les cartes le numéro et la date de la version, ainsi que la date prévisible de la prochaine mise à jour. Il convient également, entre les deux périodes, de stocker les éléments concernant les éventuelles modifications ou rajouts connus. Cette liste de modifications peut se présenter sous la forme suivante :

Numéro de version de la carte	Date de la mise à jour	Modifications ou compléments apportés

Enfin, si les supports cartographiques sont mis en ligne sur Internet, mieux vaut ne mettre à disposition du citoyen que la version la plus à jour en l'avertissant en cas de non-respect des délais de mise à jour.

Aujourd'hui, le rendu européen n'étant pas dans une logique de support papier, la diffusion et la remontée des informations se feront sous forme numérique dans les formats les plus adaptés.

Pour l'information du public, pour des raisons techniques et de lisibilité, il paraît peu vraisemblable d'effectuer des diffusions cartographiques sur support papier.

Concernant la diffusion des cartes sur Internet, le principe de cette publication est laissé au soin de chaque autorité compétente. Toutefois il est indispensable de se renseigner et d'acquiescer si nécessaire les droits d'utilisation des supports pour la représentation électronique.

Le cadre commun d'interopérabilité des systèmes d'information publics :

Le cadre commun d'interopérabilité a été élaboré pour répondre à la nécessité d'une interopérabilité accrue entre les systèmes d'information publics, en consolidant les bases nécessaires pour garantir une collaboration efficace au sein des collectivités publiques. L'objectif est de renforcer la cohérence entre les systèmes d'information, et de favoriser le partenariat entre l'État et les collectivités territoriales, notamment dans le domaine des services en ligne offerts aux citoyens ou aux entreprises...

Des détails sont disponibles sur le site :

www.adele.gouv.fr

6.4.3 Quels outils utiliser ?

Pour l'exploitation, les données à destination de la Commission européenne ne doivent pas nécessairement être localisées spatialement.

Si un logiciel spécifique a été utilisé pour réaliser une carte de bruit, on veillera à ce que la carte et les données associées soient récupérables dans le format SIG de la collectivité.

Pour la publication, afin de garantir une bonne lecture des cartes, l'outil utilisé doit assurer une transcription stricte de ce que l'émetteur de la carte veut dire pour que le message soit compris de l'ensemble des lecteurs. L'outil lui-même doit être facile à gérer et à appréhender.

En dernier point, impossible de parler des outils sans aborder leurs propres limites et le fait qu'il soit souhaitable de bien les connaître avant de réaliser la mise en diffusion de la carte. Ces limites peuvent être imposées par les données utilisées (homogénéité des données, choix du support utilisé), mais aussi par les logiciels eux-mêmes (difficulté de standardisation, de normalisation).

Lexique des abréviations

- Ademe** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- Certu** : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
- CE** : Communauté européenne
- CEAC** : Conférence européenne de l'aviation civile
- Cete** : Centre d'études techniques de l'équipement
- CSTB** : Centre scientifique et technique du bâtiment
- Drees** : Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
- Ddass** : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
- EPCI** : Établissement public de coopération intercommunale
- ERP** : Établissement recevant du public
- Finess** : Fichier national des établissements sanitaires et sociaux
- HPM** : heure de pointe du matin
- HPS** : heure de pointe du soir
- ICPE** : Installation classée pour l'environnement
- IGN** : Institut géographique national
- Insee** : Institut national de la statistique et des études économiques
- Iris** : Ilots regroupés selon des indicateurs statistiques
- ISA** : International standard atmosphere
- IFR** : Instrument flight rules (vol aux instruments)
- JSN** : jour soirée nuit
- Leq** : niveau de bruit équivalent
- LAeq** : niveau de bruit équivalent pondéré A
- Lden** : niveau de bruit composite représentatif de la gêne d'une journée, avec den = day evening night
- Ln** : LAeq (22h-6h) en champ libre
- LRS** : long rail soudé
- MEDD** : ministère de l'Écologie et du Développement durable
- MNT** : modèle numérique de terrain
- MTETM** : ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer
- NAF** \approx code d'activité pour l'industrie
- NMPB** : nouvelle méthode de propagation du bruit
- PDU** : plan de déplacement urbain
- PEB** : plan d'exposition au bruit
- PGS** : plan de gêne sonore
- PL** : poids lourd
- PLU** : plan local d'urbanisme
- PNB** : point noir du bruit
- PPBE** : plan de prévention du bruit dans l'environnement
- QFU** \approx direction magnétique de la piste
- RFF** : Réseau ferré de France
- RIL** : Répertoire des immeubles localisés
- SIA** : Service d'information aéronautique
- SIG** : système d'informations géographiques
- SNCF** : Société nationale des chemins de fer français
- TMH** : trafic moyen horaire
- TMJA** : trafic moyen journalier annuel
- TV** : tout véhicule
- UVP** : unité de véhicule particulier
- VL** : véhicule léger
- VRU** : voie rapide urbaine
- VAL** : véhicule automatique léger
- VFR** : visual flight rules (vol à vue)
- ZBC** : zone de bruit critique

Éléments bibliographiques

Ouvrages généraux

- *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*
Bruxelles, WG-AEN, janvier 2006, 129 pages
- *Guide du bruit des transports terrestres - Prévion des niveaux sonores*
Bagneux, Cetur, novembre 1980, 317 pages
- *Classement sonore des infrastructures de transports terrestres*
Lyon, Certu, mars 1998, 180 pages
- *Méthode et données d'émission sonore pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement*
Paris, SNCF, janvier 2006, 35 pages
- *Bruit des infrastructures routières, NMPB - Routes - 96*
Setra, Certu, LCPC, CSTB, janvier 1997, 98 pages
- *Méthodes d'estimations de population - comparaisons et seuils de validité*
Lyon, Certu/Cete Normandie-Centre, janvier 2006, 85 pages
- *Doc. 29 : rapport sur la méthode normalisée de calcul des courbes de niveau de bruit autour des aéroports civils (document en cours de révision)*
Neuilly, CEAC, 1997
- *Plans d'exposition au bruit et plans de gêne sonore - Méthodologie d'élaboration (document en cours de révision)*
Bonneuil-sur-Marne, STBA, juillet 2003
- *Plan de Prévention des Risques Technologiques - Guide méthodologique*
Lyon, Certu/Ineris/Medd, décembre 2005, 136 pages

Articles dans revues

- « Spécial cartographie du bruit »
Paris, revue *Écho bruit* n°102, juin 2003
- « Les cartes de bruit dans l'environnement »
Paris, revue *Écho bruit* n°112, décembre 2005

Textes officiels

- Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002.
- Code de l'environnement, partie législative, chapitre II, articles L.572-1 à L.572-11.
- Décret n°2006-361 du 24 mars 2006 relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement et modifiant le code de l'urbanisme.
- Arrêté du 4 avril 2006 relatif à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement.
- Arrêté du 3 avril 2006 fixant la liste des aéroports mentionnés au I de l'article R 147-5-1 du code de l'urbanisme.

Table des matières

Préface	03
Sommaire	05
Introduction	06
Chapitre 1 Contexte et cadre réglementaire	08
1.1 La politique européenne	10
1.1.1 Historique	10
1.1.2 La directive 2002/49/CE	10
1.1.3 Actions d'accompagnement de la directive 2002/49/CE	11
1.1.4 Les conséquences de la directive en matière de cartographie	12
1.2 Le cadre législatif et réglementaire de la transposition	14
1.2.1 Les articles L.572-1 à L.572-11 du code de l'environnement	14
1.2.2 Décret n°2006-361 du 24 mars 2006	15
1.2.3 Arrêté du 4 avril 2006	17
Chapitre 2 Quelles cartes pour quels usages ?	20
2.1 Pourquoi réaliser des cartes de bruit stratégiques ?	22
2.1.1 Communiquer avec le public	22
2.1.2 Supporter les politiques locales	22
2.1.3 Décider d'actions de lutte contre le bruit	23
2.1.4 Contribuer à une base de données européenne	23
2.2 Différents types de cartes possibles (différentes possibilités techniques)	24
2.2.1 Affichage d'analyses et de statistiques chiffrées	24
2.2.2 Représentations cartographiques linéaires	25
2.2.3 Représentations cartographiques en 2D	26
2.2.4 Représentations cartographiques en 3D	26
2.2.5 Cartes de bruit interactives	27
2.3 Les croisements besoins/réponses	28
Chapitre 3 Démarche générale de production des cartes de bruit stratégiques	30
3.1 Organisation pour la production des données et cartes	32
3.1.1 Organisation administrative	33
3.1.2 Organisation technique	34
3.2 Recueil et mise en forme des données d'entrée	38
3.3 Principes de réalisation des cartes	42
3.3.1 Principes de calcul des niveaux sonores	42
3.3.2 Principes de mesure des niveaux sonores	43
3.3.3 Principes de calcul de l'exposition des populations	44
3.4 Mise en forme et diffusion/publication des résultats	45
Chapitre 4 Expériences intéressantes	46
4.1 Paris	48
4.2 Bruxelles	51
4.3 Birmingham	53
4.4 Bordeaux	55

Chapitre 5 Données d'entrée nécessaires et pertinentes

58

5.1 Émission sonore d'une infrastructure routière	61
5.1.1 Les données de trafic	62
5.1.2 Les caractéristiques des infrastructures	67
5.1.3 Le classement sonore routier	72
5.2 Émission sonore d'une infrastructure ferroviaire	76
5.2.1 Les données de trafic	76
5.2.2 Les données d'émission sonore des trains	77
5.2.3 La description des caractéristiques des infrastructures	78
5.2.4 Le classement sonore ferroviaire	79
5.2.5 Cas particulier des tramways	82
5.3 Émission sonore d'une infrastructure aérienne	84
5.3.1 Les infrastructures	84
5.3.2 Le trafic	84
5.3.3 Les trajectoires et les profils de vol	84
5.3.4 Les conditions d'exploitation	86
5.3.5 La topographie et les conditions météorologiques	86
5.4 Émission sonore d'une infrastructure industrielle	87
5.4.1 Spécificités du bruit industriel	87
5.4.2 Émission sonore d'une infrastructure industrielle	87
5.4.3 Méthode de caractérisation du bruit des sites industriels	88
5.5 Les données topographiques	89
5.6 Les données bâtiments et occupation du sol	90
5.7 Les données populations	91
5.7.1 Sources des données	91
5.7.2 Autres sources	92
5.7.3 Utilisation des données collectées	93
5.8 Les données météorologiques	95

Chapitre 6 Méthode de production des cartes de bruit stratégiques

96

6.1 Méthodes de calcul des niveaux sonores	98
6.1.1 Méthode de calcul pour le bruit routier	99
6.1.2 Méthode de calcul pour le bruit ferroviaire	99
6.1.3 Méthode de calcul pour le bruit des aéronefs	99
6.1.4 Méthode de calcul pour le bruit industriel	100
6.2 Méthodes de mesure des niveaux sonores	102
6.2.1 Méthode de mesure pour le bruit routier	102
6.2.2 Méthode de mesure pour le bruit ferroviaire	102
6.2.3 Méthode de mesure pour le bruit des aéronefs	103
6.2.4 Méthode de mesure pour le bruit industriel	103
6.3 Notion de précision pour le calcul des cartes	105
6.4 Mise en forme et diffusion des cartes produites	107
6.4.1 Quelle forme pour quels supports ?	107
6.4.2 Mise à jour et diffusion des cartes	108
6.4.3 Quels outils utiliser ?	109

Lexique des abréviations	111
--------------------------	-----

Éléments bibliographiques	113
---------------------------	-----

Table des matières	115
--------------------	-----

Strategic noise mapping in urban areas

This guide is aimed primarily at local municipal authorities and EPCs (*établissements publics de coopération intercommunale*, public bodies involved in intercommunal cooperation) in charge of tackling noise pollution in towns with a population of over 100,000 inhabitants and responsible for strategic noise mapping in their areas, in accordance with European Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise.

This practical guide is geared to the specific organisational and technical needs found in France.

It is written with two kinds of reader in mind:

- first, for elected representatives whose task is to describe the requirements set out in the regulatory texts and define the means by which to achieve the objectives set;
- and second, on a more technical level, for people directly involved in noise mapping.

It covers the following questions:

- What is the regulatory framework? The official texts and, more particularly, the texts transposing the European Directive into French law, are explained in detail.
- How should noise mapping be organised? Regarding both administrative and technical organisation, who should be involved in this initiative?
- What information is needed and how will it be used?

The guide also describes a number of examples of noise mapping in urban areas.

¿Cómo se deben realizar los mapas estratégicos de ruido en las aglomeraciones?

Esta guía está particularmente destinada a los municipios y establecimientos públicos de cooperación intercomunal (EPCI), competentes en materia de lucha contra el ruido ambiental de las aglomeraciones de más de 100 000 habitantes, que deben establecer en su territorio mapas estratégicos de ruido impuestos por la directiva europea 2002/49/CE relativa a la evaluación y gestión del ruido en el medio ambiente.

Esta obra práctica se adapta a las especificidades francesas, organizativas o técnicas.

Su redacción comprende dos niveles de lectura:

- un primer nivel destinado a los representantes políticos, en el cual se describen las exigencias de los textos reglamentarios y los medios para cumplir los objetivos fijados;
- un segundo nivel más técnico destinado a las personas directamente encargadas de la elaboración de los mapas.

Se abordan las siguientes preguntas :

- ¿Cuál es el contexto reglamentario? Se explicitan los textos oficiales y especialmente los textos de adaptación de la directiva europea.
- ¿Qué organización se deberá crear? Desde la organización administrativa hasta la organización técnica, ¿qué actores deben ser asociados a esta acción?
- ¿Qué datos se necesitan y cómo se deben utilizar?

Asimismo la obra presenta algunas experiencias de cartografías de aglomeraciones.

© CERTU - 2006

Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer

Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CERTU est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination : Service Éditions (Patrick Marchand)

Mise en page : Laurent Mathieu ☎ 06 13 41 04 53

Impression : Jouve ☎ 01 44 76 54 40

Achévé d'imprimer : décembre 2006

Dépôt légal : 4^e trimestre 2006

ISBN 10 : 2-11-096253-4

ISBN 13 : 978-2-11-096253-9

Cet ouvrage est en vente au CERTU

Bureau de vente :

9, rue Juliette Récamier

69456 LYON cedex 06 - France

☎ 04 72 74 59 59

Internet : <http://www.certu.fr>

■ Ce guide s'adresse tout particulièrement aux communes et établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), compétents en matière de lutte contre les nuisances sonores des agglomérations de plus de 100 000 habitants, et qui doivent établir sur leur territoire les cartes de bruit stratégiques imposées par la directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.

Cet ouvrage pratique est adapté aux spécificités françaises, organisationnelles ou techniques.

Sa rédaction est axée sur deux niveaux de lecture :

- un premier niveau à destination des élus décrivant les exigences des textes réglementaires et les moyens de parvenir aux objectifs fixés ;
- un second niveau plus technique pour les personnes directement en charge de l'élaboration des cartes.

Les questions suivantes sont abordées :

- Quel est le contexte réglementaire ? Les textes officiels et notamment les textes de transposition de la directive européenne sont explicités.
- Quelle organisation mettre en place ? De l'organisation administrative à l'organisation technique, quels acteurs doivent être associés à cette démarche ?
- De quelles données a-t-on besoin et comment les utiliser ?

Quelques expériences de cartographies d'agglomérations sont aussi présentées dans l'ouvrage.

Cf. summary of the content translated into English at the end of the work.

Ver la síntesis de la obra traducida al español al final del libro.

Service technique placé sous l'autorité du ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, le Centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

Classement sonore des infrastructures de transports terrestres
arrêté du 30 mai 1996
1998

Bruit des infrastructures routières
NMPB - Routes - 96
1997

Guide du bruit des transports terrestres
Prévision des niveaux sonores
1980

Aménagement et urbanisme

Aménagement et exploitation de la voirie

Transport et mobilité

Maîtrise d'ouvrage et équipements publics

Environnement

Technologies et systèmes d'information

