



Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie

GUIDE

Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie

GUIDE

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Septembre 2018

*Institut national
de santé publique*

Québec 

AUTEURS

Richard Martin, conseiller scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

Mathieu Gauthier, conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Karine Chaussé, conseillère scientifique
Christiane Thibault, chef d'unité scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Marie-Pascale Sassine, chef d'unité scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

RÉVISION ET MISE EN PAGE

Véronique Paquet, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Note : Ce document a été élaboré à partir de la présentation de MM. Richard Martin et Pierre Deshaies, au congrès « Accent sur l'urbanisme 2016 » de l'Institut canadien des urbanistes.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2018
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-82341-4 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2018)

Remerciements

Plusieurs personnes provenant de ministères, d'universités, d'instituts de recherche et du réseau de santé publique ont contribué à la révision du contenu de ce guide.

RÉVISEURS

Catherine Berthod, ingénieure et urbaniste

Direction générale de la sécurité en transport, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Frédéric Bilodeau, conseiller en santé environnementale

Direction de santé publique du Centre intégré de santé et de services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue

Pierre-Guy Brassard, ingénieur

Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Mathieu Carrier, urbaniste

Direction du Plan et de l'aménagement – Région métropolitaine de Montréal, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Mathieu Chabot-Morel, urbaniste

Direction de l'environnement, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Marie Chagnon, agente de programmation, santé environnementale

Direction de santé publique, Centre intégré de santé et de services sociaux de la Gaspésie

Karine Chaussé, conseillère scientifique

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Pierre Chebou, analyste en transport

Direction du transport aérien, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Pierre Deshaies, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive et médecin-conseil

Institut national de santé publique du Québec et Direction de santé publique, Centre intégré de santé et de services sociaux de Chaudière-Appalaches

Jean-Lou Duchesne, conseiller expert en réglementation aéroportuaire et aviation civile

Direction du transport aérien, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Marie-Christine Gervais, conseillère scientifique

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Bernard Héту, ingénieur

Direction de l'environnement, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Julien Hottot, ingénieur

Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Chantal Jacob, ingénieure

Direction du transport ferroviaire, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Michel Lavoie, médecin spécialiste en santé communautaire

Sécurité et prévention des traumatismes, Institut national de santé publique du Québec

Lucie Laflamme, conseillère en santé environnementale

Direction de la santé environnementale, ministère de la Santé et des Services sociaux

Chantal Laroche, professeur titulaire

Programme d'orthophonie et d'audiologie, Université d'Ottawa

Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets
du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie

Karine Martel, conseillère en santé environnementale
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

Sophie Paquin, urbaniste
Environnement urbain et santé, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud de
l'Île-de-Montréal

Stéphane Perron, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive, responsable médical
Environnement urbain et santé, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud de
l'Île-de-Montréal

Joël Riffon, agent de planification, de programmation et de recherche
Équipe Santé et environnement, Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-
Nationale

Éric Robitaille, chercheur d'établissement
Centre de référence sur l'environnement bâti et la santé, Institut national de santé publique du Québec

Julie Roby, ingénieure
Direction des chaussées, ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports

Marion Schnebelen, directrice
Direction de la santé environnementale, ministère de la Santé et des Services sociaux

Audrey Smargiassi, chercheure associée et professeure agrégée
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec et
École de santé publique, Université de Montréal

RÉVISEURS DE LA SECTION SUR LES ALARMES DE REcul

Sèdoté Ghislain Hounkpe, conseiller expert en prévention-inspection
Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail

Hugues Nélisse, chercheur
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

GRAPHISTE POUR LA FIGURE 1

Melissa Sant'Ana, agente de planification, de programmation et de recherche
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Table des matières

Liste des tableaux.....	V
Liste des figures.....	VII
Liste des photos.....	IX
Liste des sigles et acronymes	XI
Légende	XIII
Faits saillants.....	1
1 Introduction	3
2 Bruit environnemental	5
2.1 Définition	5
2.2 Effets sur la santé et le bien-être	5
2.2.1 Effets sur la santé physique.....	5
2.2.2 Effets sur la santé psychosociale	6
2.3 Effets économiques	7
3 Importance de l'aménagement à l'égard du bruit	9
4 Le bruit et sa mesure : quelques notions de base.....	11
4.1 Variations des niveaux de bruit et leur perception	12
4.2 Facteurs influençant le niveau de bruit.....	13
4.2.1 Facteurs influençant la propagation du bruit.....	13
4.2.2 Réponse de l'oreille humaine et influence des caractéristiques du bruit sur sa perception	13
4.2.3 Variation temporelle	13
4.3 Étude acoustique	14
4.4 Étude socio-acoustique.....	15
5 Introduction aux meilleures pratiques pour réduire le bruit environnemental	17
5.1 Deux mesures préventives : le bruit émergent et la réciprocité	17
5.2 Portée et utilisation du guide	18
5.3 Bénéfices attendus par la mise en place des solutions présentées	18
5.4 Note sur les références scientifiques et techniques.....	19
6 Tableau synthèse et de repérage des meilleures pratiques pour réduire le bruit environnemental.....	21
6.1 Bruit de la circulation routière.....	25
6.1.1 Diminution du nombre de véhicules et gestion de la circulation.....	25
6.1.2 Mesures réglementaires adaptées.....	28
6.1.3 Diminution de la vitesse	29
6.1.4 Réduction de la propagation du bruit par des écrans.....	34
6.1.5 Distances séparatrices (séparation spatiale ou zone tampon).....	39
6.1.6 Protection des bâtiments et des résidents	40
6.1.7 Chaussées à faible émission de bruit	45
6.2 Bruit ferroviaire.....	46
6.3 Bruit de la circulation aérienne	49
6.4 Bruit d'installations portuaires	53
6.5 Bruit des chantiers de construction.....	56

6.6	Sources fixes et bruit de voisinage.....	58
6.7	Mesures d'aménagement et pratiques de gestion spécifiques à certains usages	60
6.7.1	Activités particulières	60
6.7.2	Zones calmes	65
7	Conclusion	67
8	Références	69

Liste des tableaux

Tableau 1	Échelle des niveaux sonores et réactions humaines	11
Tableau 2	Correspondance entre la variation du niveau sonore en décibels (dB) et l'augmentation de l'énergie sonore.....	12
Tableau 3	Tableau synthèse des mesures de réduction du bruit environnemental	21
Tableau 4	Exemple de gains obtenus par diverses mesures d'atténuation du bruit appliquées par une conception optimale d'un édifice contre le bruit	40
Tableau 5	Mesures de réduction du bruit ferroviaire à la source	48
Tableau 6	Restrictions d'opération et procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit	52
Tableau 7	Bonnes pratiques pour la réduction du bruit provenant d'installations portuaires	55
Tableau 8	Liste de mesures d'atténuation du bruit des chantiers de construction	56
Tableau 9	Bonnes pratiques pour la réduction du bruit de sources fixes.....	58
Tableau 10	Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les dépôts à neige	60
Tableau 11	Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec le bruit des loisirs motorisés.....	61
Tableau 12	Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les aires de sports bruyantes.....	62
Tableau 13	Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les lieux de diffusion musicale	63

Liste des figures

Figure 1	Multiples effets du bruit sur l'humain.....	6
Figure 2	Proportion de personnes fortement dérangées par le bruit du trafic aérien, routier et ferroviaire à leur domicile selon le niveau d'exposition	7
Figure 3	Changement perçu du son selon l'écart entre les niveaux sonores.....	12
Figure 4	Facteurs influençant la propagation des bruits à l'extérieur.....	13
Figure 5	Indicateur d'exposition au bruit : le niveau de bruit pondéré équivalent continu (L_{Aeq}).....	14
Figure 6	Bruit émergent : exemple de l'émergence.....	17
Figure 7	Schéma d'un dos d'âne allongé	31
Figure 8	Dos d'âne allongé plat	32
Figure 9	Exemple d'une butte de terre et d'un aménagement paysager antibruit	37
Figure 10	Utilisation des bâtiments comme écran antibruit	37
Figure 11	Exemples d'écrans végétaux combinés avec d'autres solutions pour réduire le bruit	38
Figure 12	Exemple d'un agencement optimal des espaces de vie	40
Figure 13	Exemple de bâtiments autoprotégés	41
Figure 14	L'orientation des bâtiments par rapport aux voies influence l'environnement sonore.....	43

Liste des photos

Photo 1	Exemples d'aménagement de type « rue complète » : transport collectif, bandes cyclables, trottoirs et passages texturés pour piétons.....	26
Photo 2	Utilisation d'un autobus électrique dans un milieu sensible (Vieux-Québec).....	26
Photo 3	Exemple de réaménagement d'une intersection en carrefour giratoire	28
Photo 4	Exemple européen d'une signalisation annonçant une restriction de circulation pour les poids lourds pendant la nuit.....	29
Photo 5	Exemples de signalisation interactive de la vitesse.....	30
Photo 6	Exemple d'une diminution de la limite de vitesse sur une période de temps particulière (la nuit)	30
Photo 7	Exemple de diminution de la limite de vitesse sur un boulevard et des distances séparatrices.....	31
Photo 8	Dos d'âne allongé arrondi combiné à une traverse pour piétons.....	32
Photo 9	Dos d'âne allongé plat avec une traverse pour piétons	32
Photo 10	Déviations en « S » à l'entrée d'un quartier de Candiac et exemples de chicanes.....	33
Photo 11	Exemples d'écrans antibruit en milieu urbain de forte densité et pour un secteur résidentiel en bordure d'une autoroute et de ses échangeurs	35
Photo 12	Exemple d'un mur antibruit aménagé au Québec	35
Photo 13	Exemple d'un écran antibruit installé au Québec avec une composante végétale additionnelle	36
Photo 14	Exemple d'une utilisation non optimale de la distance séparatrice : parc non protégé du bruit routier	39
Photo 15	Exemple d'une utilisation non optimale de la distance séparatrice : parc et résidences non protégés du bruit en bordure d'une autoroute.....	40
Photo 16	Exemple d'un aménagement à éviter pour une garderie.....	42
Photo 17	Exemple d'un aménagement à favoriser pour une garderie (ou CPE) et tenant compte du bruit environnemental	42
Photo 18	Exemple de conception non optimale d'un bâtiment exposé au bruit routier	43
Photo 19	Passage d'un convoi de marchandises (fret).....	46
Photo 20	Déplacement de voies ferrées pour maintenir une distance séparatrice : qualité de vie et stratégie intermodale.....	46
Photo 21	Freins de voie dans une gare de triage.....	49

Photo 22	Exemple de carte des prévisions d'ambiance sonore (NEF) de l'Aéroport Montréal-Trudeau précisant les zones de contraintes	50
Photo 23	Activités portuaires	53
Photo 24	Exemple d'écran.....	54
Photo 25	Écrans antibruit temporaires pour des chantiers de construction.....	57
Photo 26	Exemple de dépôt à neige.....	61
Photo 27	Exemple d'une distance séparatrice insuffisante à proximité d'une autoroute pour des écoles et un parc	64
Photo 28	Exemple d'un petit parc urbain	65

Liste des sigles et acronymes

ACFC	Association des chemins de fer du Canada
ASP	Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CISSS	Centre intégré de santé et de services sociaux
CIUSSS	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux
CPE	Centre de la petite enfance
dB	Décibels
dBA	Décibels pondérés A
FCM	Fédération canadienne des municipalités
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
km	Kilomètres
L_{Aeq}	Niveau de bruit équivalent continu pondéré A
L_{Amax}	Niveau de bruit maximum d'un événement, pondéré A
L_{den}	Niveau sonore équivalent continu, pondéré A, pour une période de 24 heures (1 journée) ou niveau jour-soir-nuit
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
μPa	Micropascals
MRC	Municipalité régionale de comté
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports
NEF	<i>Noise exposure forecast</i> (prévisions d'ambiance sonore)
OMS	Organisation mondiale de la Santé
Pa	Pascals
SCHL	Société canadienne d'hypothèques et de logement
VHR	Véhicule hors route

Légende



Informations supplémentaires



Définitions



Attention!

Faits saillants

- Les sources de bruit sont nombreuses, ce qui augmente les difficultés d'en atténuer les effets. Le bruit de la circulation routière et aérienne, de même que le bruit ferroviaire, d'installations portuaires et des chantiers de construction, en sont quelques exemples.
- L'aménagement et la gestion du territoire comptent parmi les mesures efficaces et primordiales de contrôle et d'atténuation du bruit. Ces mesures sont planifiées et mises en place par les municipalités régionales de comté (MRC), les municipalités et les promoteurs.
- Les meilleures pratiques d'atténuation du bruit environnemental sont variées, allant du transport actif au design des rues, en passant par l'orientation des édifices et des pièces intérieures, sans oublier les écrans antibruit et l'ajout de végétaux disposés de manière optimisée. Bien que l'efficacité de plusieurs de ces mesures soit quantifiée, elles restent mal connues.
- Comme le bruit environnemental a des effets nuisibles sur la santé physique, psychosociale et sur la qualité de vie de la population, l'application de ces solutions permettra de protéger adéquatement du bruit les espaces sensibles (résidences, garderies, écoles, hôpitaux, parcs, etc.), mais aussi les activités industrielles, commerciales, de loisir et les espaces dédiés aux infrastructures de transport.
- En effet, les effets du bruit ne se limitent pas aux problèmes d'audition, car ils influent également sur le sommeil, les maladies cardiovasculaires, l'apprentissage en milieu scolaire et l'acceptation sociale d'activités ou de projets.

1 Introduction

Le bruit environnemental est un problème de santé publique en raison des risques d'atteinte à la santé et à la qualité de vie de la population. Le bruit est une préoccupation grandissante pour plusieurs citoyens qui voient leur qualité de vie affectée.

L'aménagement et la gestion du territoire comptent parmi les mesures efficaces et primordiales de contrôle et d'atténuation du bruit environnemental. Il s'agit là d'un outil majeur de planification pour réduire le bruit au sein des municipalités.

Ce document a pour objectif d'aider les municipalités régionales de comté (MRC), les municipalités et les promoteurs à planifier l'aménagement de leur milieu bâti, de façon à protéger adéquatement du bruit les espaces sensibles (résidences, garderies, établissements scolaires et hospitaliers, etc.), mais aussi les activités industrielles, commerciales et de loisir, de même que les espaces dédiés aux infrastructures.

Pour ce faire, le document :

- présente les notions de base pour mieux comprendre le bruit et les aspects techniques de sa mesure;
- résume les principaux enjeux de santé liés à l'exposition au bruit environnemental;
- recense, sous forme de tableaux, les meilleures pratiques ou les pistes de solutions pour réduire le bruit environnemental, incluant leurs bénéfices et leurs limites;
- donne des références complémentaires pour plus de précisions sur les diverses mesures suggérées.

Les mesures proposées peuvent être considérées lors de la planification et de l'aménagement, mais aussi pour la gestion et la correction de situations existantes où le bruit est problématique. Elles concernent non seulement les voies de circulation, mais aussi plusieurs autres activités génératrices de bruit. Ces aspects sont habituellement considérés dans les schémas d'aménagement du territoire afin de tenir compte des contraintes majeures, dont fait partie le bruit en raison de ses impacts sur la santé et la qualité de vie, et pour assurer un développement durable des milieux de vie.

2 Bruit environnemental

2.1 Définition

Le bruit est défini par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) comme étant tout son considéré comme indésirable (1, 2). Ces sons indésirables peuvent être non souhaités, dérangeants, ou avoir une puissance suffisamment élevée susceptible de causer des effets néfastes sur la santé (2, 3).

Le bruit environnemental fait référence à tout bruit, peu importe sa source, excluant les bruits en milieu de travail¹ (3). Il inclut donc « [...] le bruit de la circulation routière, du transport ferroviaire et aérien, celui des industries, de la construction et des travaux publics ainsi que le bruit de voisinage [intérieur et extérieur] et d'activités culturelles ou de loisirs (terrains de jeux, discothèques, spectacles, chasse, motoneige, etc.) (3) ».

2.2 Effets sur la santé et le bien-être

Une recension de la documentation scientifique, publiée en 2015 par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et intitulée *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains*, montre que le bruit est un enjeu de santé publique (3). L'INSPQ a conclu qu'il existe des preuves suffisantes² pour établir un lien entre l'exposition à certaines sources de bruit environnemental et des effets physiques et psychosociaux, comme illustré à la figure 1. Le bruit environnemental n'est donc pas qu'une simple nuisance, mais bien un polluant environnemental qui constitue un risque pour la santé et pour la qualité de vie de la population. Les conséquences du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie peuvent se prolonger même après que l'exposition ait cessé (4). Le bruit a aussi des effets économiques bien documentés.

2.2.1 EFFETS SUR LA SANTE PHYSIQUE

Le bruit environnemental entraîne plusieurs effets sur la santé physique qui ne se limitent pas aux effets souvent plus connus sur l'audition, soit des pertes auditives et des acouphènes (3). Il est maintenant prouvé que l'exposition au bruit environnemental peut aussi occasionner les effets suivants sur la santé physique (3) :

- Perturbations du sommeil : temps d'endormissement plus long, mouvements augmentés, réveils plus fréquents et prolongés. Ces perturbations ont des répercussions qui vont au-delà de la nuit elle-même (perception d'une mauvaise qualité du sommeil, somnolence, fatigue, motivation réduite, diminution de la concentration, distractivité, etc.).
- Maladies cardiovasculaires : le bruit est un stresser qui provoque des réactions physiologiques ayant des conséquences sur la santé cardiovasculaire (3). L'hypertension artérielle est un effet documenté chez les adultes exposés de façon chronique au bruit routier et aérien, et l'infarctus du myocarde l'est aussi pour le bruit routier.

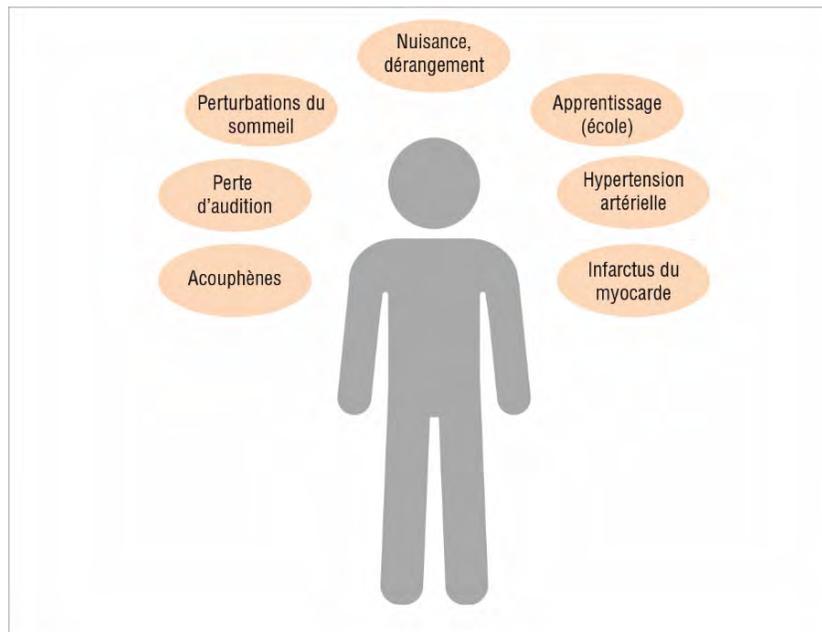
¹ Cette définition exclut donc les bruits émis en milieu de travail et qui expose les travailleurs. Cependant, le bruit qui provient, par exemple, d'un chantier ou d'une entreprise, est considéré comme du bruit environnemental pour les riverains exposés.

² D'autres effets du bruit environnemental sur la santé physique ou psychosociale ont été étudiés. Cependant, les preuves disponibles dans la littérature scientifique sont insuffisantes pour tirer une conclusion sur des liens entre l'exposition au bruit et ces effets. Ceux-ci ne sont donc pas abordés dans ce document.



Non-habitude au bruit – Il est important de savoir qu'il n'y a pas d'adaptation physiologique au bruit, même si on croit s'y habituer. « L'audition est en fonction 24 h sur 24. En effet, l'oreille n'a pas de « paupières ». Cette absence de protection fait en sorte qu'elle ne se repose jamais (3). »

Figure 1 Multiples effets du bruit sur l'humain



Niveau de bruit sans effets pendant la nuit – Selon les lignes directrices européennes (OMS) sur le bruit pendant la nuit, en dessous d'un seuil de 30 dBA (moyenne annuelle) à l'intérieur il n'y aurait pas d'effets sur la santé. Ce niveau de bruit est équivalent à 40 dBA à l'extérieur.

2.2.2 EFFETS SUR LA SANTE PSYCHOSOCIALE

Le bruit environnemental est aussi responsable d'effets psychosociaux sur la santé :

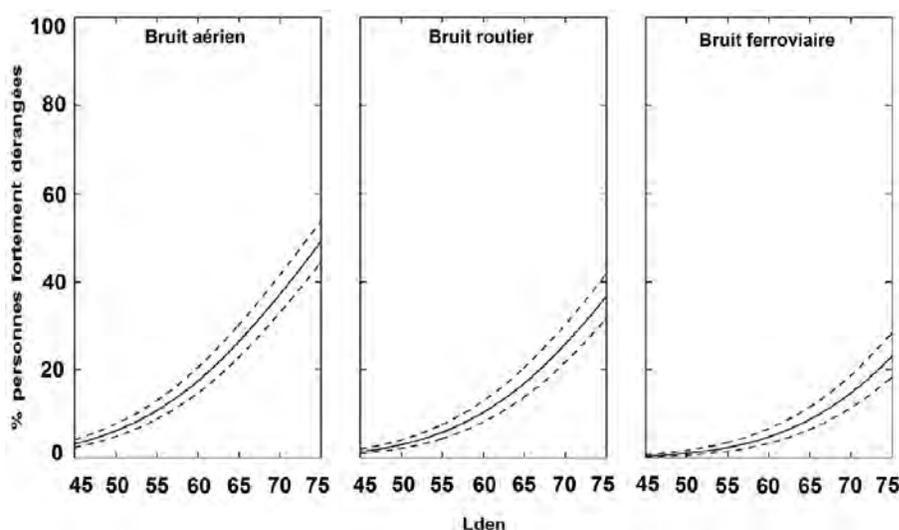
- Effets sur l'apprentissage, notamment en milieu scolaire : le bruit interne et externe à la classe a des effets défavorables sur la performance scolaire (compréhension de la parole, compréhension de la lecture, mémoire).
- Acceptation sociale limitée : le bruit peut aussi mener des individus ou des regroupements à porter plainte ou à tenter des poursuites (3). Ces réactions citoyennes au bruit témoignent de divergences au sein de la société, notamment quant à la vision et au modèle de développement du territoire, et quant aux besoins de quiétude (3).
- Nuisance, dérangement (gêne) : la nuisance est l'effet le plus étudié du bruit et constitue un problème de santé publique reconnu par l'OMS (3, 5). Sans être une maladie, une nuisance importante est une entrave à la qualité de vie et au bien-être.



Nuisance – Parfois appelée « gêne » ou « dérangement » en santé publique, la nuisance est définie comme « un effet indésirable possible sur le bien-être ou un effet indirect sur la santé physique à la suite de l'exposition à un facteur du type odeur, bruit, poux, punaises de lit, etc. (6) ». C'est une réaction subjective négative liée à un stresser comme le bruit.

La nuisance indique comment le bruit affecte les populations exposées, particulièrement pour les personnes déclarant un dérangement important (voir figure 2). Le degré de nuisance est influencé non seulement par le niveau de bruit, mais aussi par d'autres facteurs acoustiques (p. ex., le type de bruit), sociaux (p. ex., l'utilité de la source émettrice, les attentes, etc.) et personnels (p. ex., la sensibilité, la peur de la source, les bénéfices reçus, etc.).

Figure 2 Proportion de personnes fortement dérangées par le bruit du trafic aérien, routier et ferroviaire à leur domicile selon le niveau d'exposition



Notes : Lignes pleines : courbes représentant la proportion de personnes fortement dérangées par le bruit pour chacune des sources à partir du regroupement des résultats de plusieurs études. Lignes pointillées : courbes indiquant la zone d'incertitude (intervalle de confiance à 95 %). Lden : niveau d'exposition jour/soir/nuit, où les expositions en soirée (19 h – 23 h) ont été pénalisées de +5 dBA, et celles pendant la nuit (23 h – 7 h) de +10 dBA. Ces pénalités permettent de tenir compte du plus grand dérangement causé par le bruit au cours de ces deux périodes. Par exemple, un bruit de 50 dBA le jour produirait le même pourcentage de personnes fortement dérangées qu'un bruit de 45 dBA le soir, ou qu'un bruit de 40 dBA la nuit. Adaptée de : Miedema (7).

2.3 Effets économiques

En plus des effets sur la santé, la littérature scientifique montre aussi des effets économiques attribuables au bruit. Selon une estimation conservatrice, les coûts du bruit environnemental au Québec ont été évalués à au moins 679 millions en 2013 (3). En effet, des études soulignent des valeurs foncières moindres dans les secteurs affectés par le bruit des transports (3), ce qui se traduit par des revenus plus faibles pour les municipalités, mais aussi pour les propriétaires, lors de la revente de leur immeuble. Pour le bruit de voisinage, les pertes de valeur immobilière ne sont que partiellement documentées (8).

3 Importance de l'aménagement à l'égard du bruit

Deux paramètres majeurs influencent l'environnement sonore et relèvent notamment des compétences des MRC et des municipalités. Il s'agit de :

- l'aménagement du territoire;
- l'utilisation, de la conception et du design des bâtiments et de leurs ouvertures.

Les actions prises à l'égard de ces deux paramètres permettent de limiter ou de mieux contrôler le bruit environnemental et ils peuvent ainsi influencer les effets sur la santé.

À titre informatif, les deux autres facteurs importants qui influencent l'environnement sonore réfèrent aux sources de bruit, soit les véhicules et infrastructures de transports, ainsi que les machines, outils et équipements bruyants (3). Si la responsabilité de limiter le bruit émis par des sources (p. ex., véhicules, machines) relève du gouvernement fédéral, les infrastructures de transport sont, selon le cas, de compétence provinciale ou fédérale.

4 Le bruit et sa mesure : quelques notions de base

Le bruit est une variation de pression observée dans le milieu où il se propage. Mesurée en micropascals (μPa), l'unité de mesure de la pression acoustique a été ramenée en décibels (dB) à des fins de commodité. Le seuil de perception du son est situé à $20 \mu\text{Pa}$, et le seuil pour le début de la douleur à l'oreille est situé à $20\,000\,000 \mu\text{Pa}$ (ou 20 Pa). En décibels, ces seuils correspondent respectivement à 0 dB et à 120 dB.

Le tableau 1 présente le niveau sonore associé à différentes sources de bruit et la réaction humaine attendue à la suite d'une exposition à de tels niveaux.

Tableau 1 Échelle des niveaux sonores et réactions humaines

Événement acoustique	Niveau de bruit (en dBA*)	Réactions humaines
Marteau-piqueur; coup de feu à l'oreille du chasseur	130	Douleur
Sirène d'un véhicule d'urgence	120	Début de la douleur
Spectacle de musique amplifiée; discothèque	110	Supportable pour une courte période, effort vocal maximal pour se faire comprendre
Marteau-piqueur à 10 m; motocyclette	100	
Tondeuse à gazon; alarme; camion lourd sur l'autoroute, à 10 m, à 80 km/h	90	
Réveille-matin; 2 voitures sur l'autoroute, à 10 m, à 80 km/h; nombreuses usines; restaurants bruyants	80 – 85	Conversation difficile, sensation de bruit fort
Rue animée; aspirateur	70	Incommodant pour tenir une conversation téléphonique
Conversation normale	55 – 60	
Pluie modérée; machine à laver	50	Début du dérangement (nuisance)
Bibliothèque; réfrigérateur; rue peu passante la nuit	40	Lieu perçu comme paisible
Chambre calme; conversation à voix basse	30	Sensation de calme
Vent léger dans les arbres	20	Sensation de grand calme
Aucun son perceptible	0	Seuil de l'audition

* dBA : décibels pondérés A, pour correspondre à la réponse de l'oreille humaine.

Adapté de : Martin *et al.* (3).

4.1 Variations des niveaux de bruit et leur perception

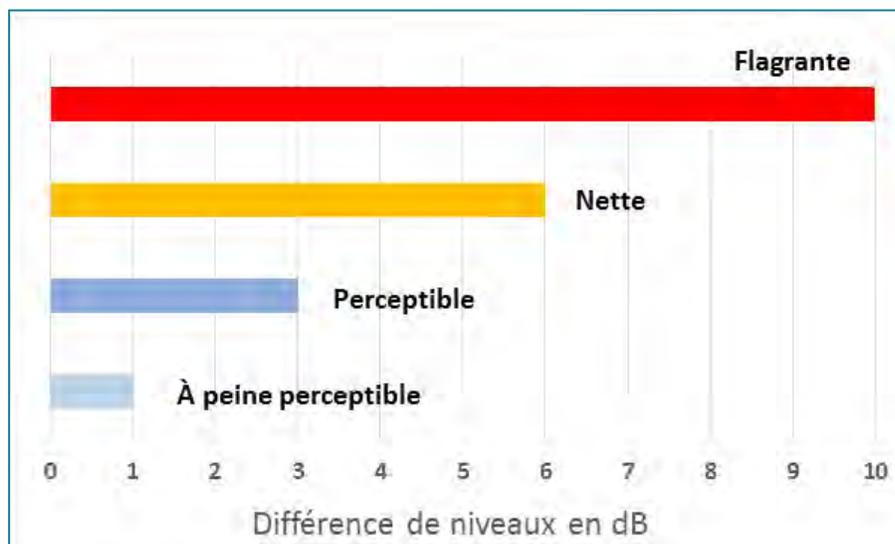
Le bruit est mesuré selon une échelle logarithmique. Ainsi, une augmentation de 3 dB représente un doublement de l'énergie sonore, tandis qu'une augmentation de 10 dB correspond à un niveau de bruit qui sera 10 fois plus fort (voir tableau 2). L'augmentation de 3 dB correspond à une augmentation perceptible du niveau de bruit, mais cette augmentation sera plus nette, plus perceptible qu'à compter de 6 dB (voir figure 3).

Tableau 2 Correspondance entre la variation du niveau sonore en décibels (dB) et l'augmentation de l'énergie sonore

+	X
Une augmentation du niveau sonore de :	... multiplie l'énergie sonore par
3 dB	2
5 dB	3
6 dB	4
7 dB	5
8 dB	6
9 dB	8
10 dB	10
20 dB	100

Adapté de : MTQ (9).

Figure 3 Changement perçu du son selon l'écart entre les niveaux sonores



Notes : Une augmentation du niveau sonore de 3 dB, qui correspond au doublement de l'énergie sonore, sera perceptible. Autour de 5 à 6 dB, le changement sera perçu de manière plus nette, donc comme une augmentation sensible du son. Autour de 10 dB, le bruit sera perçu comme deux fois plus fort, même si cela correspond à une énergie 10 fois plus grande (voir tableau 2). Enfin, le plus faible changement audible est de l'ordre de 1 dB.

Source : Bruel et Kjaer (10).

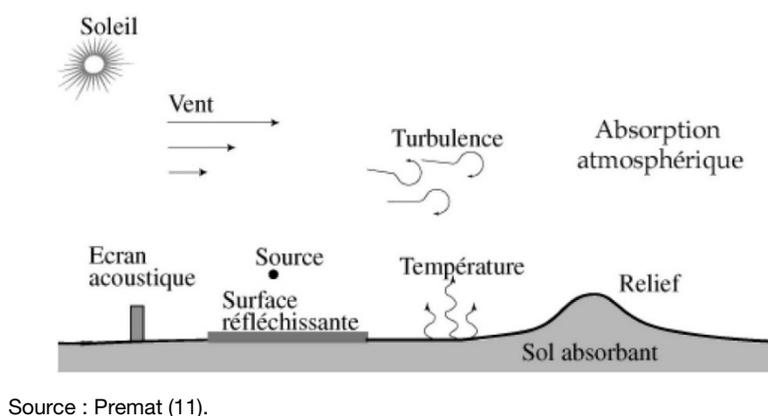
4.2 Facteurs influençant le niveau de bruit

Le niveau de bruit à un endroit donné est affecté par plusieurs facteurs qui en influencent la propagation. Quant au niveau de bruit perçu, il est influencé par plusieurs paramètres, dont la réponse de l'oreille humaine et la variation temporelle du niveau sonore (la variation est illustrée à la figure 4).

4.2.1 FACTEURS INFLUENÇANT LA PROPAGATION DU BRUIT

En plus de la distance, plusieurs facteurs influencent la propagation des bruits à l'extérieur. Comme illustré à la figure 4, les conditions météorologiques (température, vent, etc.) et la topographie du milieu (relief, présence d'écrans naturels ou artificiels, etc.) jouent un rôle important dans la propagation du bruit. La présence de surfaces réfléchissantes (immeuble, revêtement au sol, plan d'eau, etc.) peut aussi avoir une influence importante sur les niveaux sonores.

Figure 4 Facteurs influençant la propagation des bruits à l'extérieur



4.2.2 RÉPONSE DE L'OREILLE HUMAINE ET INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES DU BRUIT SUR SA PERCEPTION

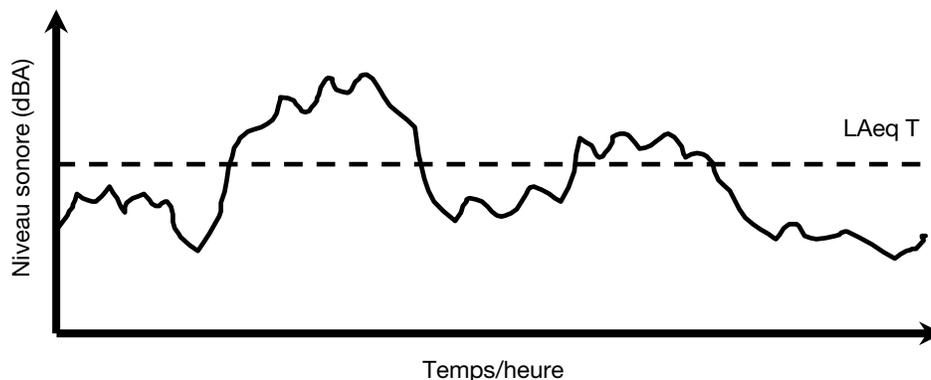
La réponse de l'oreille humaine varie selon les fréquences des sons. Par exemple, l'oreille humaine ne perçoit pas les sons aigus (haute fréquence) et les sons graves (basse fréquence) de la même manière. Lors de la mesure du bruit, afin d'approcher la réponse de l'oreille humaine, les décibels sont pondérés et la mesure résultant de cette opération porte le nom de décibels pondérés A (dBA).

D'autres caractéristiques influencent aussi la perception des bruits, telles que la tonalité du son ou la présence de bruits d'impact (aussi appelés « bruits impulsionnels », qui sont des bruits forts de très courte durée : détonation d'armes à feu, coups de marteau, claquement de porte, explosions, ballon de basketball, etc.).

4.2.3 VARIATION TEMPORELLE

Le bruit est le plus souvent variable dans le temps. Le niveau de bruit équivalent continu (L_{Aeq}), illustré à la figure 5, est un indicateur qui intègre en une seule mesure d'exposition, exprimée en dBA, toutes les variations de bruit survenues au cours d'une période de temps choisie (secondes, minutes, heures ou journée) et, donc, qui intègre l'ensemble de l'énergie sonore. Cet indicateur permet ainsi de considérer et de comparer plus facilement des bruits intermittents, des bruits fluctuants (comme le bruit routier) ou encore les pointes de bruit d'un appareil particulier sur un site industriel. Les bruits avec les niveaux les plus élevés ont une influence sur le L_{Aeq} .

Figure 5 Indicateur d'exposition au bruit : le niveau de bruit pondéré équivalent continu (L_{Aeq})



Niveau (Level) = L; dBA = A Équivalent d'une période de temps (T) = eq T

Adaptée de : OOAQ (12).

4.3 Étude acoustique

La grande variété de sources de bruit et les particularités locales qui affectent sa propagation rendent parfois difficile le choix de mesures d'atténuation les plus appropriées à mettre en place. L'étude acoustique devient alors un outil important de planification, en plus de servir à la résolution de situations problématiques à l'égard du bruit.

La réalisation d'une étude acoustique peut viser divers objectifs :

- Caractériser l'environnement sonore d'un site ou d'un milieu;
- Évaluer l'impact d'une source de bruit, d'un bruit particulier ou d'activités à potentiel bruyant, que la source soit existante ou nouvelle (étude prévisionnelle par modélisation acoustique);
- Identifier des mesures de réduction ou d'atténuation du bruit (écrans, distances séparatrices, mesures techniques propres à une application particulière, etc.) et en évaluer l'effet attendu;
- Évaluer le bruit provenant de l'intérieur des logements (tests d'insonorisation) ainsi que le bruit extérieur transmis à l'intérieur (p. ex., façade en bordure d'une voie de circulation) pour suggérer un plan de conception pour les murs, planchers ou façades.

Bien que certaines municipalités disposent des ressources pour réaliser des études acoustiques, ce type d'étude est effectué la majorité du temps par des entreprises spécialisées ou des experts du milieu universitaire qui disposent de l'équipement nécessaire pour le mesurage et des logiciels pour les prévisions et la cartographie du bruit.

Afin de répondre aux besoins d'évaluation et de planification, le rapport de l'étude acoustique devrait notamment contenir les éléments suivants :

- Le mandat et les objectifs;
- La méthode :
 - Respect des normes dans le domaine, périodes de mesurage, instrumentation utilisée, étalonnage des instruments de mesure;
 - Description de la ou des sources de bruit prises en compte et de leurs conditions de fonctionnement (utilisation typique, maximale, etc.);
 - Description des conditions météo pendant les mesurages : température, direction et vitesse du vent, couverture nuageuse et précipitations;
- Le choix du site où les niveaux sonores sont évalués (p. ex., les milieux sensibles les plus exposés à proximité d'une source) avec la description des sites évalués, y compris la topographie, la géométrie d'un bâtiment, le revêtement et l'état du sol;
- Les niveaux sonores évalués selon les indicateurs de mesure pertinents :
 - dans des conditions typiques, avec et sans la contribution de certaines sources d'intérêt;
 - dans des conditions de propagation favorables au bruit (le pire des cas), avec et sans la contribution de certaines sources d'intérêt;
- Une comparaison des niveaux sonores aux directives et règlements existants ainsi qu'aux valeurs guides de santé.

4.4 Étude socio-acoustique

Dans certaines situations, il peut être souhaitable de réaliser une étude qui caractérise non seulement l'environnement sonore, mais aussi la nuisance occasionnée par la source de bruit donnée. Une telle étude, dite « socio-acoustique », permet le croisement de données acoustiques (niveaux d'exposition) avec des données sur le dérangement. Une norme internationale en précise la réalisation (ISO/TS-15666).

Cependant, en l'absence d'étude acoustique, une municipalité ou une MRC pourrait compter sur l'information provenant de la gestion (ou d'un système de gestion) des plaintes pour bruit (nuisances) intégrant à la fois les données des services d'inspection ou d'urbanisme et des corps policiers. Cela pourrait constituer la première étape pour analyser une situation et envisager des modifications à un aménagement ou des mesures d'atténuation. Quant à l'étude acoustique, elle reste utile pour des situations complexes ou pour vérifier l'efficacité de la réduction obtenue (étude avant-après).

5 Introduction aux meilleures pratiques pour réduire le bruit environnemental

5.1 Deux mesures préventives : le bruit émergent et la réciprocité

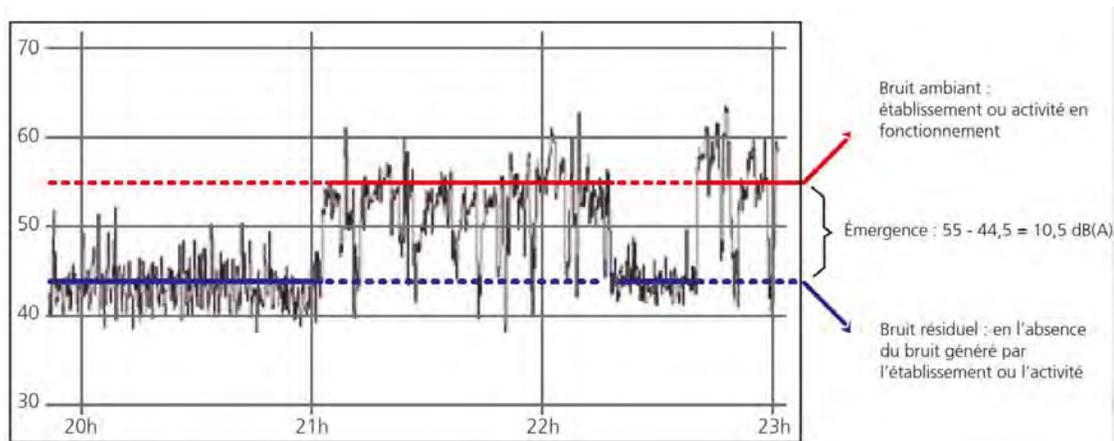
Ce guide encourage les municipalités, les MRC et les promoteurs à adopter une vision globale de la réduction du bruit, qui s'appuie sur les concepts de bruit émergent et de réciprocité (voir les définitions ci-dessous). Cette vision doit aller au-delà de l'adoption d'une limite d'exposition fixe et arbitraire. Par exemple, le critère de 55 dBA (L_{Aeq} sur 24 h) suggéré pour le bruit extérieur par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) en 1981 (13), et repris ultérieurement par d'autres organisations, ne protège pas nécessairement contre les effets d'une exposition chronique au bruit. En effet, une revue des études récentes montre des impacts sur la santé physique (hypertension, infarctus du myocarde) et des impacts psychosociaux (nuisance) en dessous des seuils actuellement proposés, dont celui de la SCHL (3).

L'indicateur de bruit émergent (ou « émergence ») peut s'avérer utile pour gérer le bruit lors de nouveaux développements ou de l'introduction de nouvelles sources de bruit dans un milieu. Cet indicateur présente une certaine parenté avec la notion de « bruit ambiant altéré » utilisée par certaines municipalités.



Bruit émergent (ou « émergence ») – Indicateur qui consiste à calculer la différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel (défini comme étant le niveau de bruit ambiant sans le bruit d'une source particulière). Par exemple, dans un milieu où le bruit ambiant était de 44,5 dBA avant l'introduction d'une nouvelle source de bruit et de 55 dBA après l'introduction de celle-ci, le bruit émergent serait de 10,5 dBA (voir figure 6). Cet indicateur aide à estimer l'impact du bruit qui a été ou sera ajouté en considérant le climat sonore antérieur d'un milieu. Il peut permettre d'évaluer l'acceptabilité de certains bruits et de mieux gérer les problèmes qu'ils causent, tant dans les milieux calmes que dans les milieux déjà bruyants. Un bruit émergent est davantage perçu et possiblement dérangeant lorsque l'écart moyen est supérieur à 5 dBA le jour ou à 3 dBA la nuit.

Figure 6 Bruit émergent : exemple de l'émergence



Source : Esmenjaud et Poirot, p. 45 (14).



Réciprocité – « En aménagement du territoire, le concept de réciprocité suppose que les normes s'appliquant aux établissements ou aux activités pouvant générer des contraintes aux usages à proximité s'appliquent de façon réciproque lors de l'implantation d'usages sensibles. Par exemple, si l'on exige d'une activité industrielle qu'elle s'établisse minimalement à 400 mètres d'un quartier résidentiel, par réciprocité, on ne devrait pas permettre à des usages résidentiels de s'établir à moins de 400 mètres de cette activité industrielle. Le principe de réciprocité a pour objectif d'offrir un milieu de vie de qualité à une collectivité tout en fournissant aux établissements ou aux activités qui sont source de contraintes l'espace requis pour mener à bien leurs activités sans nuire au voisinage. Le concept de réciprocité est un élément clé de la protection des personnes et des biens de même que de la vitalité des activités économiques. Il se traduit essentiellement par le maintien ou la détermination de distances minimales de séparation entre les usages sensibles et les usages comportant un risque ou causant des nuisances (15). »

5.2 Portée et utilisation du guide

En pratique, plusieurs contraintes limitent les avenues possibles de réduction du bruit, particulièrement dans les milieux bâtis. Ce guide ne cherche donc pas à imposer des mesures, mais plutôt à faire connaître aux décideurs les mesures efficaces qui peuvent être mises en place pour réduire le bruit environnemental. Il s'agit ici d'utiliser les mesures les plus appropriées, en agissant sur les milieux exposés et sur les sources de bruit présentes dans l'environnement, tout en évitant de créer de nouvelles situations d'exposition au bruit environnemental qui sont ou pourraient devenir problématiques. Une telle approche d'aménagement permet, à moyen et à long terme, de réduire la pollution sonore, d'éviter des plaintes ou recours juridiques et d'améliorer la santé et la qualité de vie de la population.

L'application des bonnes pratiques en aménagement du territoire qui réduisent l'exposition au bruit environnemental peut aussi offrir des solutions à des problèmes de sécurité, de qualité de l'air, ou de lutte contre les changements climatiques. Par exemple, diminuer la vitesse de la circulation contribue à améliorer la sécurité des usagers de la route et des piétons; la réduction des situations avec des accélérations et décélérations en série diminue la pollution. Quant à l'augmentation du couvert végétal, elle contribue à lutter contre les îlots de chaleur.

5.3 Bénéfices attendus par la mise en place des solutions présentées

Les bénéfices des mesures sont traduits, dans la plupart des cas, en termes de diminution du niveau sonore (dB). Ces résultats proviennent de publications scientifiques, de revues de la littérature portant sur des solutions et réalisées par des groupes d'experts, d'études techniques ou de guides de bonnes pratiques. Ils sont une indication de l'efficacité potentielle des mesures présentées, efficacité qui dépend de plusieurs facteurs. Par exemple, bien que plusieurs mesures dans ce document aient déjà été utilisées au Québec, la documentation sur les mesures efficaces contre le bruit est en grande partie européenne. Certaines des mesures proposées dans ce contexte n'ont pas nécessairement été validées au Québec. Cet aspect a été considéré dans la présentation des résultats.



Combiner plusieurs mesures – Dans toutes les situations, les meilleurs résultats seront atteints en combinant plusieurs mesures de réduction du bruit. Il n'y a généralement pas de solution unique. Ceci est valable autant en milieu à développer qu'en milieu bâti.

5.4 Note sur les références scientifiques et techniques

Pour simplifier le texte, les références scientifiques et techniques qui appuient les informations fournies dans ce guide sont rarement incluses avec chaque mesure présentée. Dans la plupart des cas, en l'absence d'une référence, la documentation qui appuie les mesures suggérées peut être retrouvée dans l'avis de l'INSPQ sur le bruit *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains* (3).

Les références aux documents d'intérêt peuvent être repérées au besoin comme suit, à la fin de ce guide :

- Références bibliographiques : références citées dans le document (voir section 7.1);
- Références essentielles (pas toujours mentionnées dans le guide, mais qui peuvent constituer une base travail en plus du présent guide) : rapports, guides et outils qui peuvent être utiles à la mise en œuvre de mesures pour la réduction du bruit, notamment en matière d'aménagement (voir section 7.2);
- Références complémentaires : rapports ou guides qui portent sur un contexte différent ou une source de bruit particulière (voir section 7.3).

6 Tableau synthèse et de repérage des meilleures pratiques pour réduire le bruit environnemental

Le tableau 3 offre une vue d'ensemble et une classification des mesures efficaces qui peuvent être appliquées pour réduire le bruit environnemental. Les sections suivantes présentent un résumé illustré de chacune de ces mesures, ainsi que leurs bénéfices et leurs limites. Les mesures proposées sont regroupées selon les diverses sources de bruit : transports (routier, ferroviaire, aérien et maritime), chantiers de construction, sources fixes et de voisinage, activités particulières (garderies, lieu de diffusion de musique amplifiée, loisirs motorisés, livraisons silencieuses, etc.) et zones calmes.



Les numéros attribués aux mesures dans le tableau 3 servent à mieux les repérer dans le guide et elles ne réfèrent à aucun ordre de priorité ni d'efficacité.

Tableau 3 Tableau synthèse des mesures de réduction du bruit environnemental

N° et titre de la mesure		Réduction attendue	Page
Bruit de la circulation routière			
Diminution du nombre de véhicules et gestion de la circulation			
1	Favoriser le transport actif	3 dBA si réduction de 50 %	25
2	Favoriser le transport collectif	3 dBA si réduction de 50 %	25
3	Avoir des exigences relatives au bruit émis lors du renouvellement des véhicules de transport collectif	Variable	26
4	Diminuer le volume de la circulation sur des voies ciblées	3 dBA si réduction de 50 %	27
5	Synchroniser les feux de circulation	2 à 3 dBA	27
6	Implanter des carrefours giratoires	1 à 4 dBA	27
Mesures réglementaires adaptées			
7	Restreindre la circulation	Jusqu'à 2 dBA	28
8	Restreindre la circulation des poids lourds pendant la nuit	Jusqu'à 7 dBA	29
Diminution de la vitesse			
9	Utiliser une signalisation interactive de la vitesse	1 à 4 dBA	29
10	Baisser les limites de vitesse	1 à 4 dBA	30
11	Installer des obstacles verticaux : dos d'âne allongés	1 à 4 dBA	31
12	Implanter des chicanes et des avancées de trottoir	Variable	33
Réduction de la propagation du bruit par des écrans			
13	Murs antibruit	5 à 12 dBA	34
14	Buttes de terre antibruit	5 à 12 dBA	36
15	Édifices-écrans	Jusqu'à 13 dBA	37
16	Rangées multiples de végétaux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Écrans végétaux optimisés ▪ Écrans végétaux : boisé naturel ▪ Rangée d'arbres (pas un écran) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 à 6 dBA ▪ 1 à 3 dBA ▪ 0 à 2 dBA 	37

Tableau 3 Tableau synthèse des mesures de réduction du bruit environnemental (suite)

N° et titre de la mesure		Réduction attendue	Page
Bruit de la circulation routière (suite)			
Distances séparatrices (séparation spatiale ou zone tampon)			
17	Établir des distances séparatrices	<ul style="list-style-type: none"> ■ 0 à 6 dB : réduction locale ■ 0 à 2 dB : réduction générale ■ Théoriquement 3 dBA, par doublement de distance (source linéaire : bruit routier) 	39
Protection des bâtiments et des résidents			
18	Autoprotéger les bâtiments dès leur conception	0 à 20 dBA	40
19	Optimiser la disposition des bâtiments	Jusqu'à 20 dBA	42
20	Insonoriser les façades exposées	Jusqu'à 7 dBA (L _{Aeq 24 h})	44
21	Établir une limite pour le bruit intérieur	Variable	44
Chaussées à faible émission de bruit			
22	Entretenir et réparer les revêtements endommagés	Variable	45
23	Utiliser des revêtements à faible émission de bruit	Jusqu'à 5 dBA	45
Bruit ferroviaire			
24	Prescrire une distance séparatrice	<ul style="list-style-type: none"> ■ 0 à 6 dB : réduction locale ■ 0 à 2 dB : réduction générale ■ Théoriquement 3 dBA par doublement de distance (source linéaire) 	46
25	Installer des écrans antibruit	5 à 15 dBA	47
26	Installer des fenêtres plus performantes sur le plan acoustique	10 à 30 dBA	47
27	Imposer une valeur limite au point de réception	Variable	47
28	Mettre en place des aménagements qui permettent aux exploitants de cesser l'utilisation d'avertisseurs sonores (sifflets)	Variable	48
29	Mettre en place des mesures de réduction du bruit ferroviaire à la source	Variable	48
Bruit de la circulation aérienne			
30	Interdire toute construction résidentielle dans la zone NEF30 ou plus	Variable	51
31	Avoir des exigences d'insonorisation pour les bâtiments situés dans la zone NEF25	Variable	51
32	Adopter des restrictions d'opération et des procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit	Variable	52

Tableau 3 Tableau synthèse des mesures de réduction du bruit environnemental (suite)

N° et titre de la mesure		Réduction attendue	Page
Bruit d'installations portuaires			
33	Disposer d'une carte du bruit émis par les installations portuaires	Variable	54
34	Protéger les installations en évitant le rapprochement d'usages sensibles	Variable	54
35	Utiliser des écrans antibruit	5 à 12 dBA	54
36	Aménager des voies de contournement	Variable	55
37	Favoriser l'utilisation des meilleures pratiques avec les administrations portuaires	Variable	55
Bruit des chantiers de construction			
38	Atténuer le bruit provenant des activités des chantiers de construction	Variable (liste de plusieurs mesures)	56
39	Encourager l'utilisation d'alarmes de recul moins dérangeantes	Variable	57
Sources fixes et bruit de voisinage			
40	Atténuer le bruit des sources fixes par des mesures utilisées pour les bruits des transports		58
40.1	Mesure 13 – Murs antibruit	5 à 12 dBA	
40.2	Mesure 14 – Buttes de terre antibruit	5 à 12 dBA	
40.3	Mesure 15 – Édifices-écrans	Jusqu'à 13 dBA	
40.4	Mesure 16 – Rangées multiples de végétaux (disposition optimisée)	5 à 6 dBA	
40.5	Mesure 17 – Établir des distances séparatrices	Théoriquement 6 dBA par doublement de distance (source ponctuelle ou géographiquement restreinte/localisée)	
40.6	Mesure 18 – Autoprotéger les bâtiments dès leur conception	0 à 20 dBA	
40.7	Mesure 19 – Optimiser la disposition des bâtiments	0 à 20 dBA	
40.8	Mesure 20 – Insonorisation des façades exposées.	Jusqu'à 7 dBA (L _{Aeq} 24 h)	
40.9	Mesure 21 – Imposer une valeur limite au point de réception	Variable	
40.10	Mesure 32 – Adopter des restrictions d'opération et des procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit	Variable	
41	Exiger une étude acoustique pour de nouvelles sources fixes	Variable	59

Tableau 3 Tableau synthèse des mesures de réduction du bruit environnemental (suite)

N° et titre de la mesure		Réduction attendue	Page
Mesures d'aménagement et pratiques de gestion spécifiques à certains usages			
Activités particulières			
42	Dépôts à neige (lieu d'élimination de neige)	Variable. Claquements de panneaux (bruits d'impact réduit d'environ 15 dBA) (liste de plusieurs mesures)	60
43	Loisirs motorisés	Variable (liste de plusieurs mesures)	61
44	Aires de sports en milieu habité	Variable (liste de plusieurs mesures)	62
45	Lieux de diffusion de musique amplifiée	Variable (liste de plusieurs mesures)	62
46	Livraisons silencieuses	Respect niveau sonore de 60 dBA	63
47	Limiter le bruit pour des bâtiments sensibles	Variable	64
Zones calmes			
48	Développer et protéger des zones calmes ou à plus faible bruit	Variable	65

6.1 Bruit de la circulation routière

La Politique sur le bruit routier (1998) (16) du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET) propose une approche de planification intégrée qui vise à prévenir les problèmes de bruit selon une responsabilité partagée, soit par la planification des projets routiers (MTMDET) et par la planification de l'aménagement du territoire (municipalités et MRC). D'une part, cette approche demande aux MRC de déterminer les voies de circulation actuelles ou projetées qui représentent une contrainte anthropique et d'adopter des règles minimales de zonage et de lotissement. D'autre part, cette politique propose également une approche corrective qui permet, dans certaines circonstances, la mise en place de mesures d'atténuation du bruit pour les secteurs sensibles en bordure des routes, où le niveau de bruit est particulièrement élevé. Cette politique peut donc représenter une avenue intéressante pour résoudre certaines situations problématiques. Cependant, ces situations peuvent survenir même en dessous des critères de la Politique sur le bruit routier. Celle-ci doit donc être vue comme un point de départ d'une approche intégrée de la gestion du bruit environnemental causé par la circulation routière.

En plus de la Politique sur le bruit routier du MTMDET, le guide *Combattre le bruit de la circulation routière* (17) propose différentes techniques de réduction du bruit. Ces mesures touchent l'aménagement du territoire, l'architecture des bâtiments et la gestion des sources émettrices de bruit. Le présent document, en plus de reprendre certaines des mesures incluses dans la Politique et le guide, propose des mesures additionnelles pour réduire le bruit environnemental.

6.1.1 DIMINUTION DU NOMBRE DE VÉHICULES ET GESTION DE LA CIRCULATION

Mesure 1 – Favoriser le transport actif

Mesure 2 – Favoriser le transport collectif

La diminution du nombre de véhicules par un transfert modal contribue à la réduction du bruit, en plus de l'impact favorable sur la sécurité routière et la pollution de l'air. Le développement du transport actif et collectif est essentiel pour limiter le nombre de véhicules, améliorer la santé et la qualité de vie de la population.

Le transport actif, le moyen de transport le moins bruyant, et le transport collectif peuvent être favorisés par des aménagements physiques selon le concept de la « rue complète » (voir photo 1). Ces aménagements permettent des déplacements sécuritaires et efficaces pour toutes les catégories d'utilisateurs, peu importe leur âge ou leurs capacités (piétons, cyclistes, personnes à mobilité réduite, usagers du transport collectif, automobilistes, camionneurs, véhicules d'urgence, etc.) (18).

→ **Limite** : Pour obtenir une baisse appréciable de 3 dBA, il faut diminuer de 50 % le nombre de véhicules sur une artère.

Photo 1 Exemples d'aménagement de type « rue complète » : transport collectif, bandes cyclables, trottoirs et passages texturés pour piétons



Intersection d'un centre-ville avec traverses piétonnières visibles, ajout d'arbres, et un bon marquage de la chaussée. Ville de Charlotte, Mecklenburg County (NC). Crédit photo : City of Charlotte, Department of Transportation).



Transformation en une « rue complète » d'un boulevard à quatre voies non séparées (débit : 20 000 véhicules/jour) avec une voie centrale, des pistes cyclables et des rampes pour accéder aux trottoirs. Ville de Charlotte, Mecklenburg County (NC) : East Boulevard. Crédit photo : Charmcheck.org

Source : Complete Streets, dans Flickr : <https://www.flickr.com/photos/completestreets/4686193634>

Mesure 3 – Avoir des exigences relatives au bruit émis lors du renouvellement des véhicules de transport collectif

Photo 2 Utilisation d'un autobus électrique dans un milieu sensible (Vieux-Québec)

Les véhicules de transport collectif sont une source de bruit parfois importante. Il est possible d'avoir des exigences accrues sur les composantes de ces véhicules pour réduire le bruit lors de leur renouvellement (19).

Des véhicules plus performants au niveau sonore peuvent réduire jusqu'à 8 dBA le bruit à la source. Les autobus hybrides ou électriques réduisent aussi le bruit dans les tronçons de parcours où la vitesse est inférieure à 40 km/h. À faible vitesse, l'utilisation de tels autobus réduit tant la pollution sonore qu'atmosphérique (voir photo 2).



Autobus électrique circulant à faible vitesse dans le Vieux-Québec. Crédit photo : Nova Bus.

Source : reproduite avec l'aimable autorisation de Nova Bus.

➔ **Limites :** L'insonorisation des véhicules leur ajoute du poids et peut rendre difficile l'accès à certaines pièces dans le compartiment du moteur. Des coûts supplémentaires sont aussi à prévoir lors de l'acquisition (autour de 3 % pour une réduction possible jusqu'à 8 dBA par véhicule).

Mesure 4 – Diminuer le volume de la circulation sur des voies ciblées

Des interventions peuvent permettre de réduire le volume de circulation sur des voies de circulation ciblées, souvent en redirigeant le trafic vers des voies mieux adaptées. Par exemple, la diminution du volume de la circulation sur la route qui traverse un village par l'aménagement d'une voie de contournement peut être particulièrement avantageuse. Une réduction de 20 % du volume de trafic peut réduire le bruit d'environ 1 dB, tandis qu'une diminution de 50 % entraîne une baisse d'environ 3 dB.

→ **Limites** : En général, une diminution importante du volume de trafic routier peut surtout être faite sur les voies secondaires. Pour être pleinement efficace, l'application de cette mesure ne doit pas entraîner une augmentation de la vitesse dans les zones visées. La diminution du volume de la circulation pourrait être une option socialement peu acceptable, trop coûteuse ou simplement non réaliste. Elle doit donc être combinée avec d'autres mesures, comme l'amélioration de l'offre de transport actif et collectif et le développement de trajets alternatifs. La déviation d'une partie du volume de la circulation pourrait affecter des secteurs qui ne l'étaient pas auparavant.



Péages pour réduire le volume de trafic – Mesure pour laquelle il y a une certaine volonté de payer de la part des usagers de la route, mais qui pose un problème d'équité, en plus des coûts qu'elle nécessite pour son implantation et sa gestion. Aucune baisse des niveaux sonores (0 dB) n'a été observée selon les expériences de Londres et de Stockholm. Dans ces deux villes, la réduction du bruit n'a pas été aussi manifeste que souhaité, parce qu'avec la diminution du volume de trafic (offre accrue de transport collectif et évitement de la zone), il y a eu une augmentation de la vitesse (20–23).

Mesure 5 – Synchroniser les feux de circulation

La synchronisation des feux de circulation permet de diminuer le bruit en réduisant les accélérations et les décélérations entre les feux. Une réduction du bruit de 2 à 3 dB est possible, s'il y a atteinte d'une vitesse constante entre les feux de circulation et respect des limites de vitesse (3).

Mesure 6 – Implanter des carrefours giratoires

En comparaison avec les intersections, les carrefours giratoires (voir photo 3) rendent la conduite plus fluide et régulière, ce qui diminue le bruit émis. Ils peuvent réduire le bruit de 1 à 4 dB (L_{Aeq}), comparativement aux intersections, avec ou sans feux de circulation. Les carrefours ont aussi l'avantage de réduire le nombre d'accidents et leur gravité.

→ **Limites** : Les carrefours giratoires peuvent constituer une contrainte pour la sécurité des piétons et des cyclistes. Ceux-ci doivent donc être conçus de manière à assurer la sécurité de tous les usagers du réseau routier. Les petits carrefours avec une partie centrale surélevée et recouverte de pavés (pour le débordement des véhicules lourds) peuvent créer davantage de bruit lorsque cette section est empruntée par des automobilistes circulant à plus grande vitesse.

Photo 3 Exemple de réaménagement d'une intersection en carrefour giratoire



Même en milieu densifié, il est possible de réaliser des aménagements qui permettent de réduire le bruit. Intersection avant et après modifications.

Source : Bendtsen, p. 88 (24).

6.1.2 MESURES RÉGLEMENTAIRES ADAPTÉES

De manière complémentaire à l'aménagement, l'adoption de mesures réglementaires contribue à réduire le bruit. Cependant, elles sont moins durables puisqu'elles font appel à la gestion des comportements.

Mesure 7 – Restreindre la circulation

Des restrictions de circulation pour certains véhicules peuvent réduire le volume de circulation et le bruit environnemental. Ces restrictions peuvent toucher certains types de véhicules (p. ex., les motos ou les poids lourds), des voies de circulation ciblées (p. ex., un centre-ville), ou une période de temps définie (p. ex., les heures de pointe).

Dans un centre-ville, pendant les heures de pointe, des interdictions d'accès aux véhicules personnels sur certaines rues a permis d'obtenir une réduction du bruit de 2 dBA.

Le niveau de bruit généré par les poids lourds est plus élevé que celui des automobiles. Les restrictions de circulation qui leur sont appliquées peuvent davantage abaisser les niveaux de bruit. Réduire de 10 % à 0 % la proportion de véhicules lourds sur une voie, dont la vitesse de circulation est de 50 à 80 km/h, réduit le niveau de bruit de 1 à 2 dB. Ces résultats sont essentiellement européens. Par contre, une modélisation avec un logiciel utilisé en Amérique du Nord, le *Traffic Noise Model*, donne des résultats différents pour une vitesse constante. Les diminutions suivantes pourraient être obtenues si la proportion de véhicules lourds passait de 10 % à 0 % sur une route : de 4 à 6 dBA à 50 km/h et de 2 à 5 dBA à 80 km/h, calculées à des distances de 15, 50 et 100 m de la voie.

→ **Limites** : Malgré les impacts durant les périodes ciblées, interdire les véhicules personnels dans certains secteurs pendant les heures de pointe ne diminuerait pas ou n'aurait qu'un impact minime sur le niveau de bruit moyen d'une journée. Dans les centres-villes, les restrictions doivent être compensées par une offre de transport collectif améliorée. Augmenter les interdictions, en limitant la circulation de certains véhicules, amène souvent des objections importantes de la part d'une partie de la population. Elles peuvent aussi avoir comme effet de déplacer des véhicules vers d'autres artères qui ne sont pas nécessairement conçues ou prévues pour le volume ou les types de véhicules déplacés.

Mesure 8 – Restreindre la circulation des poids lourds pendant la nuit

Photo 4 Exemple européen d'une signalisation annonçant une restriction de circulation pour les poids lourds pendant la nuit

Les interdictions de poids lourds pendant la nuit (voir photo 4) sont particulièrement efficaces. Cette mesure assure un meilleur sommeil en soustrayant d'importantes pointes de bruit (bruit émergent) en période nocturne. Elle peut permettre une diminution du bruit routier nocturne jusqu'à 7,2 dB (L_{Aeq} de 22 h à 6 h), selon des enquêtes menées en Autriche.



Source : Kloth *et al.* (19).

En Europe, sur certaines routes ou secteurs visés par des interdictions nocturnes, seule la circulation de poids lourds à faible bruit ayant fait l'objet d'une autorisation (certification) est permise sur 24 h.

→ **Limites** : Malgré la diminution des pointes de bruit durant la nuit, il n'y aurait pas de diminution ou sinon un impact minime sur la moyenne journalière de bruit. Les interdictions peuvent avoir pour effet de transposer une fraction du bruit de camionnage pendant le jour, notamment en début de matinée.

6.1.3 DIMINUTION DE LA VITESSE

La vitesse des véhicules a une grande influence sur le bruit qu'ils génèrent. En plus de diminuer directement les limites de vitesse affichées, il est possible d'agir sur la vitesse de circulation par des mesures touchant la signalisation et la surveillance. Des aménagements (configuration, mesures d'apaisement) ou des mesures statiques (p. ex., panneaux de limite de vitesse) permettent aussi de réduire la vitesse des véhicules et d'abaisser le bruit dans certaines zones, en plus d'augmenter la sécurité pour l'ensemble des usagers de la route.

Mesure 9 – Utiliser une signalisation interactive de la vitesse

La signalisation interactive ou « radar pédagogique » (voir photo 5), soit l'affichage de la limite permise ou de la vitesse du véhicule sur un écran, permet généralement de réduire la vitesse de la circulation de 5 à 10 km/h (certaines études rapportent des diminutions allant jusqu'à 20 km/h). Cette réduction de la vitesse entraîne une diminution du bruit de 1 à 3 dB (L_{Aeq}). La signalisation interactive est donc plus efficace que la signalisation statique seule pour réduire la vitesse et a une efficacité possiblement similaire à celle de la surveillance policière ou au contrôle radar automatisé.

→ **Limites** : Son effet est très local puisqu'il est limité à l'endroit de la signalisation. L'effet à long terme reste à préciser.

Photo 5 Exemples de signalisation interactive de la vitesse



Source : fournie et reproduite avec l'autorisation de Trafic Innovation.



Source : MTMDET : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/securite-e-signalisation/securite/Pages/radar-pedagogique.aspx>

Mesure 10 – Baisser les limites de vitesse

Une réduction de la vitesse de 10 km/h permet d'atténuer le bruit de 1 à 4 dB pour des véhicules légers, et de 1 à 3 dB pour les véhicules lourds.

Conditions d'efficacité d'une réduction des limites de vitesse. La diminution de la vitesse a aussi un effet sur la sécurité des usagers de la route puisqu'elle est un facteur de risque important pour la sécurité.

Les conditions d'efficacité de cette mesure sont :

- Informer le public sur les bénéfices escomptés (diminution du bruit, augmentation de la sécurité, réduction de la pollution) afin d'éviter des problèmes d'acceptation sociale;
- Appliquer la mesure à des zones prioritaires;
- Appliquer des mesures de contrôle pour assurer le respect des limites de vitesse.

➔ **Limite** : La réduction du bruit qui peut être atteinte est influencée par les vitesses effectives avant le changement.

Photo 6 Exemple d'une diminution de la limite de vitesse sur une période de temps particulière (la nuit)

La diminution de la vitesse est parfois appliquée sur une plage horaire comme dans certaines villes européennes (voir photo 6). Une telle application vise à limiter le dérangement occasionné par la circulation routière pendant la période de sommeil.



Nächtliche Geschwindigkeitsbegrenzung

Source : Bonacker et al., p. 24 (25).

Le tracé de certaines routes encourage le respect de la limite de vitesse. L'effet du design du tracé à atténuer le bruit peut être augmenté ou consolidé en le combinant avec d'autres aménagements (voir photo 7).

Photo 7 Exemple de diminution de la limite de vitesse sur un boulevard et des distances séparatrices



Un tracé qui favorise le respect de la limite de vitesse, combiné à un trottoir qui augmente la distance séparatrice avec les logements et qui facilite le transport actif. L'effet sur le niveau de bruit des arbres et arbustes dans cet aménagement est très limité. En effet, une rangée d'arbres ou d'arbustes n'apporte pas une diminution significative du niveau de bruit puisqu'il faut une densité suffisante d'arbres (et de troncs) pour espérer une réduction sonore. Toutefois, dans le cas présent, les arbres servent d'écran visuel (voire de transition), entre la source de bruit et le milieu récepteur (voir aussi mesure 16).

Source : Google Street View (sept. 2015).



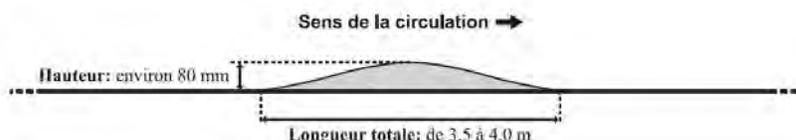
Les arrêts obligatoires en série – Cette mesure est appliquée dans le but de réduire la vitesse et de décourager l'emprunt d'un trajet, mais elle n'offre aucun bénéfice pour la réduction du bruit. Ceci est dû aux pointes de bruit causées par les arrêts et les redémarrages. Ces pointes sont jusqu'à 10 dB plus bruyantes que le niveau de bruit ambiant. Les arrêts en série augmentent donc le bruit moyen d'environ 2 à 3 dBA par rapport à un trafic homogène.

Mesure 11 – Installer des obstacles verticaux : dos d'âne allongés

Les dos d'âne allongés arrondis (voir figure 7 et photo 8) peuvent permettre une réduction significative de la vitesse, contribuant à réduire le bruit.

La réduction de vitesse obtenue par les dos d'âne allongés varie de 11 à 18 km/h avec une réduction du bruit de 2 dBA (L_{Aeq}), à condition que le trafic soit composé principalement de véhicules légers (faible proportion de véhicules lourds). Ils contribuent aussi à une baisse du bruit maximal (L_{Amax}) : véhicules lourds (2 dBA), autobus (4 dBA) et voitures (10 dBA). Leur coût moyen était inférieur à 5 000 \$ en 2009, selon les municipalités consultées par le MTMDET.

Figure 7 Schéma d'un dos d'âne allongé



Note : Les dos d'âne allongés permettent de réduire la vitesse des véhicules et le bruit de la circulation. Source : MTQ (26).

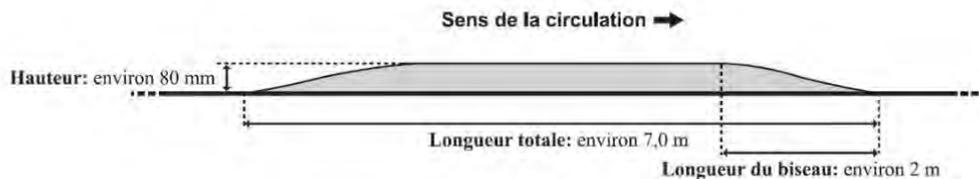
- ➔ **Limite** : L'espace entre les obstacles doit assurer une conduite régulière, car les accélérations-décélérations augmentent le bruit.

Photo 8 Dos d'âne allongé arrondi combiné à une traverse pour piétons



Note : Le dos d'âne allongé est parfois combiné à une traverse pour piétons pour améliorer la sécurité. Crédit photo : Richard Martin, INSPQ.

Figure 8 Dos d'âne allongé plat



Source : MTQ (21).

- ➔ **Limites** : Dans quelques cas, une nuisance plus forte a été rapportée par les résidents vivant à proximité de ce type d'obstacles en raison des pointes de bruit causées par les véhicules qui franchissent ces obstacles. Il faut aussi porter une attention au trafic dévié vers d'autres voies adjacentes pour éviter ces obstacles. Les autres déviations verticales (p. ex., les dos d'âne plats [voir figure 8], les coussins berlinois) diminuent moins la vitesse de circulation des véhicules lourds que les dos d'âne allongés arrondis. Ces types d'obstacles ont donc tendance à augmenter le bruit maximal lorsque des camions ou véhicules lourds les franchissent ainsi que lors de la décélération et de l'accélération des véhicules. Par contre, ils peuvent être employés près des zones de parcs lorsque les résidences sont plus éloignées (voir photo 9).

Photo 9 Dos d'âne allongé plat avec une traverse pour piétons



Le dos d'âne allongé à dessus plat ne devrait pas être utilisé dans les secteurs résidentiels avec circulation de véhicules lourds. Par contre, placé près d'un parc, il assure sécurité et tranquillité. Crédit photo : Richard Martin, INSPQ.



Dos d'âne allongés à dessus plat – À noter que ces dos d'âne sont moins efficaces pour réduire le bruit dans les secteurs comportant le passage de plusieurs véhicules lourds en raison de sa configuration et du fait que l'obstacle est franchi à une vitesse plus grande que les automobiles. Ils restent utiles dans les secteurs où les résidences sont plus éloignées.

Mesure 12 – Planter des chicanes et des avancées de trottoir

Les chicanes consistent à rétrécir la voie de circulation ou créer une déviation artificielle (tracé en « S ») qui a pour but de forcer les conducteurs à ralentir (voir photo 10, à gauche). Ce moyen contribue à assurer le respect des limites de vitesse établies. Quant aux avancées de trottoir qui rétrécissent aussi la voie de circulation, elles donnent également davantage d'espace pour des arbres. De plus, les avancées permettent une traversée plus sécuritaire des rues par les piétons en raison du rétrécissement de la chaussée.

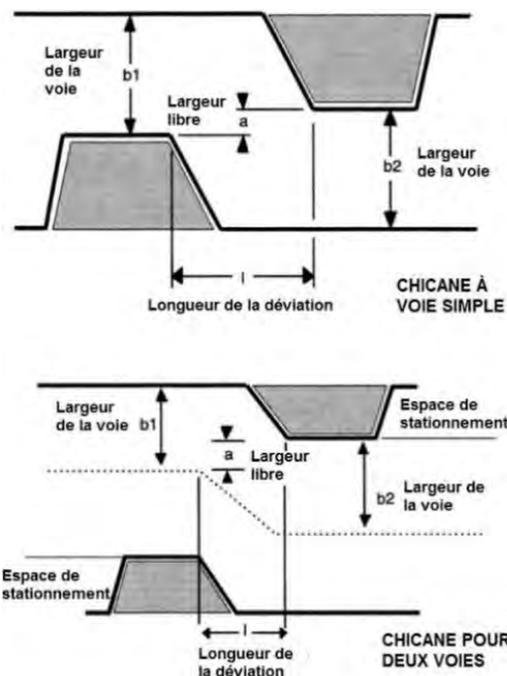
→ **Limites** : Les chicanes, soit des déviations en « S » très prononcées (voir photo 10, à droite), ont un impact négatif probable sur le niveau de bruit et la nuisance. Les chicanes peuvent augmenter le niveau de bruit pour les automobiles jusqu'à 3 dB à cause des accélérations et décélérations pour passer la chicane (22). Ces aménagements doivent être utilisés avec prudence, surtout sur des voies de circulation de véhicules lourds, mais il est possible de réaliser des déflexions moins prononcées. Dans le cas des avancées de trottoir, la réduction du bruit n'est pas quantifiée. Enfin, l'ajout d'arbres ne doit pas nuire à la sécurité.

Photo 10 Déviation en « S » à l'entrée d'un quartier de Candiac et exemples de chicanes



Un tracé en « S » permet de réduire la vitesse des véhicules et le niveau de bruit. Crédit photo : Gabrielle Manseau.

Source : Tremblay *et al.*, p. 32 (27).



Des chicanes avec des déviations prononcées sont susceptibles d'entraîner des accélérations et des décélérations qui augmenteront le niveau de bruit.

Adaptée de : Ellebjerg *et al.* (22).

6.1.4 RÉDUCTION DE LA PROPAGATION DU BRUIT PAR DES ÉCRANS

Les écrans antibruit peuvent limiter la propagation du bruit vers les lieux sensibles en réduisant le bruit transmis. Même s'ils sont utilisés principalement pour réduire la propagation du bruit routier, les écrans antibruit peuvent aussi aider à atténuer le bruit de sources fixes, notamment là où l'espace ne permet pas d'utiliser d'autres mesures de réduction du bruit.

Mesure 13 – Murs antibruit

Une réduction du bruit allant de 5 à 12 dBA peut être atteinte pour la zone protégée par des murs antibruit (voir photos 11, 12 et 13). L'efficacité des écrans varie notamment selon les matériaux utilisés, leur disposition, leur hauteur et le profil de leur sommet. L'efficacité peut être augmentée si l'écran est combiné à d'autres mesures (p. ex., revêtement de chaussée à plus faible émission de bruit, abaissement de la limite de vitesse, etc.). La combinaison de plusieurs types d'écrans (p. ex., ajout de rangées multiples de végétaux) permet aussi de maximiser l'efficacité de cette mesure.

Une norme sur les écrans antibruit est disponible auprès du MTMDET (28). Le coût estimé pour un mur en béton (MTMDET, communication personnelle, 2017) varie de 3 à 6 millions de dollars par kilomètre.

→ **Limites :** La présence de murs antibruit peut entraîner un effet possible de cloisonnement. Ils peuvent permettre de libérer plus d'espace au niveau du sol comparativement aux buttes antibruit. Leur hauteur limitée ne protège pas les étages supérieurs ni les bâtiments sensibles plus éloignés (offre une protection locale). Les niveaux de bruit seront substantiellement inférieurs uniquement pour la « zone d'ombre » acoustique derrière le mur. Un mur antibruit peut affecter l'environnement immédiat (microclimat, vents, ensoleillement, etc.), et son esthétique peut être un facteur critique de l'acceptabilité sociale.

Paramètres influençant les coûts des écrans – Plusieurs paramètres peuvent avoir une influence sur les coûts des écrans antibruit, ce qui explique l'étendue assez large des coûts estimés. Parmi ces paramètres, il y a :

- le concept spécifique d'écran prévu;
- la hauteur;
- la longueur;
- les matériaux utilisés;
- les services publics (ou réseaux techniques urbains) à déplacer;
- les coûts d'expropriation;
- la portance des sols, qui peut limiter le choix à certains types de fondations ou obliger l'implantation de fondations importantes);
- etc.



Photo 11 Exemples d'écrans antibruit en milieu urbain de forte densité et pour un secteur résidentiel en bordure d'une autoroute et de ses échangeurs



Les murs antibruit peuvent être utilisés en milieu urbain à forte densité. Le profil des murs, qui se rapproche de la route à leur sommet, augmente leur efficacité, comme c'est le cas en Italie, dans un milieu fortement densifié.

Source : Bendtsen *et al.*, p. 38 (29).



Écran de 9 m de hauteur érigé en 2006 à Munich sur l'autoroute A-9 dans un secteur où circulent quotidiennement 147 000 véhicules, dont 5 % de trafic lourd.

Source : Google et Google Earth Pro dans Beckenbauer 2017 (30).

Photo 12 Exemple d'un mur antibruit aménagé au Québec



Vue du côté des résidences.



Vue du côté de la route.

Ce mur antibruit a été aménagé le long de la route 116 dans le secteur de l'arrondissement Saint-Hubert, à Longueuil. La texture ondulée de la surface du mur-écran le rend structurellement plus résistant. Son sommet recourbé, plus rapproché de la route, de même que son aménagement, en sections de profondeurs variables, contribue à l'efficacité de la réduction du bruit. La présence de végétaux, à l'avant ou à l'arrière des murs, joue davantage un rôle esthétique, car la très faible quantité de végétaux utilisée ne peut être efficace à réduire le bruit. Il est à noter que des efforts d'intégration visuelle ont été mis de l'avant dans cet écran antibruit à l'égard des matériaux et des couleurs utilisés, et ce, dans l'optique de favoriser l'acceptation sociale du projet.

Source : photos fournies par la Direction de l'environnement du MTMDET .

Photo 13 Exemple d'un écran antibruit installé au Québec avec une composante végétale additionnelle



Mur-écran végétalisé installé dans un secteur à proximité de la route 117, à Laval, au nord du boulevard Dagenais, afin de protéger les bâtiments localisés sur la rue de l'Ombrette.



Mur-écran végétalisé installé le long d'une partie de l'autoroute 15, à Laval, le long de la rue Guillemette. Le mur est principalement constitué de terre retenue par une membrane géotextile qui s'insère dans une structure de bois. L'ensemble du mur est entouré de végétation (saule).

Source : photos fournies par la Direction de l'environnement du MTMDET.

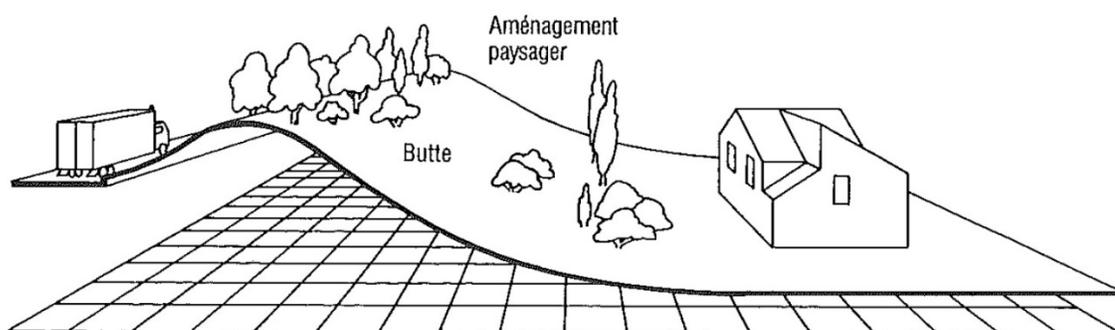
Mesure 14 – Buttes de terre antibruit

Les buttes de terre antibruit (voir figure 9) exigent un espace moyen plus important que les écrans antibruit. Une réduction du bruit allant de 5 à 12 dBA peut être atteinte pour la zone protégée. L'efficacité de l'écran varie notamment selon sa disposition et sa hauteur. L'efficacité peut être augmentée si l'écran est combiné à d'autres mesures (p. ex., revêtement de chaussée à plus faible émission de bruit, abaissement de la limite de vitesse, etc.). La combinaison de plusieurs types d'écrans (p. ex., ajout d'un écran antibruit au sommet ou de végétation) permet aussi de maximiser l'efficacité de cette mesure. En comparaison avec un mur antibruit de hauteur semblable, la butte a une efficacité légèrement supérieure.

Cette mesure a aussi l'avantage d'être généralement moins dispendieuse que les murs antibruit. De plus, les coûts peuvent parfois être moindres dans l'éventualité où du matériel (terre ou autre) est disponible à la suite d'activités de chantier.

→ **Limites :** Nécessite plus d'espace que les murs. Cependant, l'espace requis peut être réduit, notamment par l'utilisation d'un mur de soutènement. La mesure est plus difficilement applicable dans un milieu déjà bâti. Lorsque la butte est haute, il peut y avoir un effet de cloisonnement dû à la masse imposante de cette structure, quoique son sommet soit plus éloigné comparativement à un mur. Cet effet peut toutefois être réduit par l'ajout d'un mur-écran sur le dessus, qui permet de réduire la hauteur de la butte. La hauteur limitée des buttes ne protège pas les étages supérieurs ni les lieux sensibles plus éloignés (offre une protection locale).

Figure 9 Exemple d'une butte de terre et d'un aménagement paysager antibruit



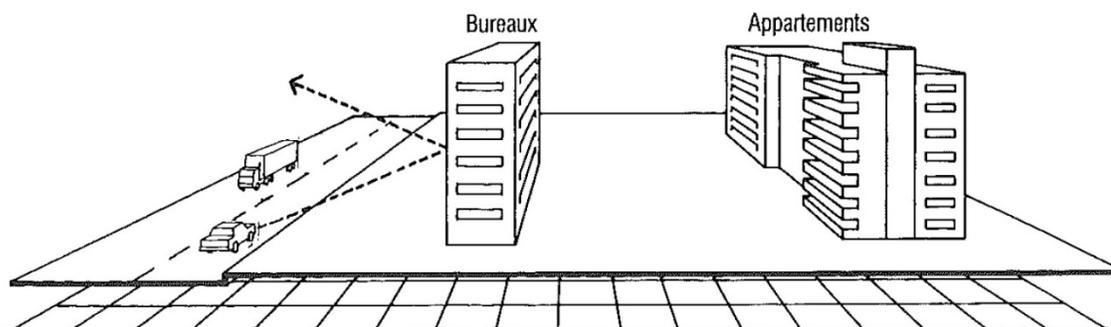
Source : MTQ (17).

Mesure 15 – Édifices-écrans

Des bâtiments commerciaux peuvent être situés entre une source de bruit et des lieux sensibles (voir figure 10). Cette mesure est aussi discutée dans la section sur la protection des habitations et des résidents (voir mesures 18 et 19).

Une réduction du bruit allant jusqu'à 13 dBA peut être atteinte pour la zone protégée. L'efficacité varie notamment selon la disposition et la hauteur de l'édifice-écran. L'efficacité peut être augmentée si l'écran est combiné à d'autres mesures (p. ex., revêtement de chaussée à plus faible émission de bruit, abaissement de la limite de vitesse, etc.).

Figure 10 Utilisation des bâtiments comme écran antibruit



Source : MTQ (17).

➔ **Limites :** Cette mesure est surtout adaptée le long des grands axes en zone périurbaine. Il n'est pas toujours possible de prévoir l'installation d'usages commerciaux compatibles à proximité de lieux sensibles qu'on souhaite protéger (phénomène de saturation).

Mesure 16 – Rangées multiples de végétaux

Une profondeur de **végétation optimisée** (15 m ou plus) équivaut à un écran de béton conventionnel de 1 à 1,5 m de haut, placé directement aux abords de la route et peut permettre une réduction du bruit de 5 à 6 dB à 50 mètres d'une voie de circulation (31). Si la profondeur est d'au moins 30 m, la réduction pourrait s'approcher de 10 dBA. Un écran végétal très efficace repose notamment sur trois paramètres qui feront en sorte de « bloquer » la propagation du bruit : l'étendue de la plantation sur 15 m et plus de profondeur, une plantation à proximité de la source de bruit et le diamètre du tronc des arbres et leur disposition (plantation optimisée pour bloquer le bruit) (voir figure 11). Un écran végétal dense (boisé avec une **plantation « naturelle »**), dont la profondeur est d'environ 30 mètres,

procure une atténuation variant de 1 à 3 dBA. Une **rangée d'arbres** placée près de la rue peut approcher une réduction qui ne dépassera pas 2 dBA.

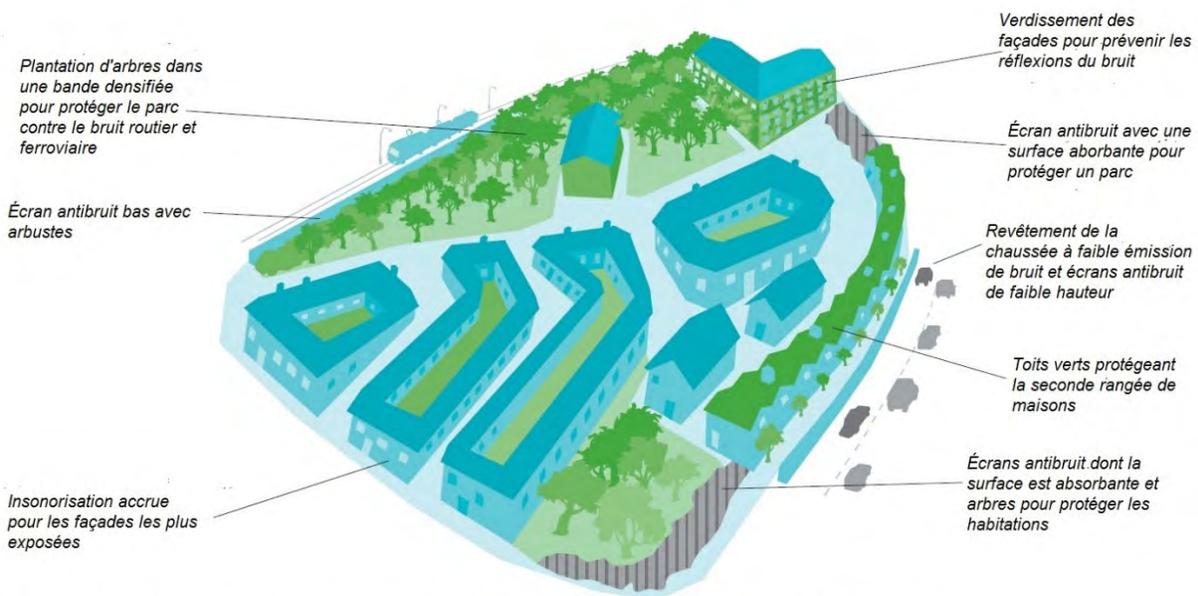
Un des avantages de ce type d'écran est l'effet psychologique qu'il peut avoir sur les riverains. En leur cachant la source de bruit, bien que le niveau sonore ne soit pas toujours réduit de manière importante, la végétation peut amener une meilleure acceptation. De plus, les arbres peuvent être eux-mêmes une source de sons agréables pouvant masquer les bruits environnants comme lors de périodes venteuses. Enfin, un document produit pour le MTMDET suggère certaines dispositions et plantations (voir *Références complémentaires* : Dagenais *et al.*, 2007; Zetterquist, 2013).

→ **Limites** : La présence de végétaux n'amène pas une réduction systématique du niveau de bruit puisque leur densité doit être suffisamment importante pour avoir un effet notable. Le plein potentiel est atteint lorsque la végétation est mature. Ce type d'écran est principalement efficace en été et il n'offre qu'une protection locale.



Il existe d'autres manières d'utiliser les végétaux pour atténuer le bruit environnemental (façades végétalisées, toits verts, etc.). Pour un résumé des méthodes végétalisées de réduction du bruit, voir Zetterquist (2013; p. 46-47) dans les *Références complémentaires*.

Figure 11 Exemples d'écrans végétaux combinés avec d'autres solutions pour réduire le bruit



Combinaisons de solutions pour protéger des surfaces d'immeubles et des zones exposées au bruit

Note : Le design de la ceinture de végétation est important : espacement des troncs, diamètres des troncs, profondeur, schéma de plantation, densité d'arbustes (incluant buissons, haies, etc.). Une profondeur de végétation optimisée (15 m ou plus) équivaut à un écran de béton conventionnel de 1 à 1,5 m de haut, placé directement près de la route (réduction de 5 à 6 dB).

Adaptée de : Zetterquist, p. 36 (31).

6.1.5 DISTANCES SÉPARATRICES (SÉPARATION SPATIALE OU ZONE TAMPON)

Déterminer, maintenir et protéger une distance minimale de séparation entre une source de bruit et des secteurs sensibles ou vulnérables est une mesure de base. Ces distances réfèrent souvent à des espaces inoccupés ou encore affectés à un usage n'étant pas sensible.

Mesure 17 – Établir des distances séparatrices

L'établissement d'une distance minimale de séparation entre une source de bruit et des secteurs sensibles est une mesure dont l'efficacité peut grandement varier. Selon des experts européens, l'application de distances séparatrices offre une réduction locale du bruit routier ou ferroviaire de 0 à 6 dB alors que la réduction générale varie de 0 à 2 dB. Il est difficile, voire impossible, de prévoir son efficacité sans simulations prévisionnelles qui tiennent compte des conditions qui influencent la propagation du bruit : nature de la source de bruit, type de milieu bâti, topographie du terrain, conditions météo (vent, température, humidité, absorption ou réflexion des ondes sonores, etc.). Pour le bruit routier, à chaque doublement de la distance entre un récepteur (p. ex. lieu sensible) et la source (bruit linéaire), il y a une diminution théorique de 3 dBA.

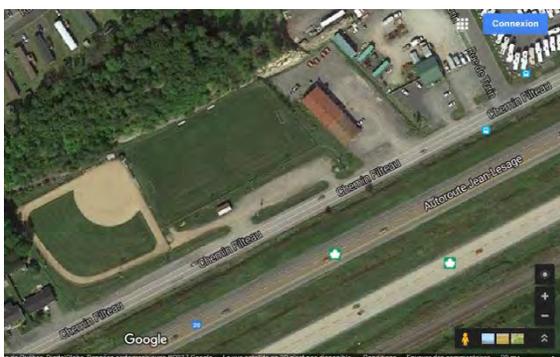
Cette mesure peut être combinée à d'autres solutions pour en augmenter l'efficacité : édifice-écran (usages non sensibles), écran composé de rangées multiples et denses de végétaux, etc.

Conditions d'efficacité des distances séparatrices – L'application du principe de réciprocité peut assurer une distance protectrice à l'égard d'une source de bruit occasionnant de la nuisance :

- Les distances doivent être établies en tenant compte de possibles agrandissements ou modifications ultérieurs;
- Des simulations prévisionnelles permettent une meilleure précision de l'efficacité. Il faudra toutefois tenir compte, dans les simulations, des situations de propagation favorables, c'est-à-dire des conditions qui correspondent à un bruit maximal pour les riverains (voir figure 4 sur les facteurs de propagation).

→ **Limites** : Le coût du terrain peut être une limite. Cette mesure peut être difficilement applicable en milieu déjà bâti, où l'espace nécessaire est peu disponible. Idéalement, les zones tampons ne devraient pas être utilisées pour un usage sensible extérieur (p. ex., terrain de sport, parc) (voir photos 14 et 15). Les distances séparatrices peuvent être plus ou moins efficaces dans certaines conditions (p. ex., édifices en hauteur, lorsque les conditions de propagation sont favorables au bruit).

Photo 14 Exemple d'une utilisation non optimale de la distance séparatrice : parc non protégé du bruit routier



Terrains de soccer et de baseball face à une voie de desserte et à l'autoroute 20. Image satellite.

Source : Google, Aéro Photo inc., Communauté métropolitaine de Québec, DigitalGlobe (sept. 2016).

Photo 15 Exemple d'une utilisation non optimale de la distance séparatrice : parc et résidences non protégés du bruit en bordure d'une autoroute

Parc et résidences en bordure de l'autoroute 440 (Dufferin-Montmorency).
 Source : Google, Aéro Photo inc., Communauté métropolitaine de Québec, DigitalGlobe (2017).



6.1.6 PROTECTION DES BÂTIMENTS ET DES RÉSIDENTS

Mesure 18 – Autoprotéger les bâtiments dès leur conception

Auto-protéger un bâtiment, c'est utiliser une de ses parties en tant que barrière acoustique pour les pièces sensibles au bruit. Comme résumé au tableau 4, les mesures d'autoprotection peuvent réduire le bruit jusqu'à 20 dB (orientation des ouvertures, conception des balcons, des murs, du toit, des fenêtres et des portes, insonorisation intérieure, etc.). Avec l'agencement des espaces de vie (pièces), la réduction peut atteindre 10 dB, ce qui est aussi une réduction significative du bruit.

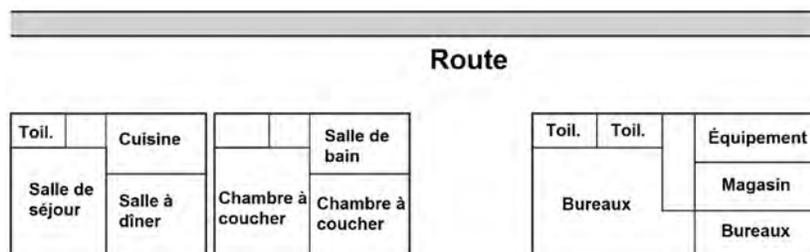
Tableau 4 Exemple de gains obtenus par diverses mesures d'atténuation du bruit appliquées par une conception optimale d'un édifice contre le bruit

Type de mesure	Réduction
Autoprotection du bâtiment (protection par des parties de l'édifice)	0 – 20 dB
Agencement des espaces de vie	0 – 10 dB

Traduit de : European Commission Working Group 5'Noise Abatement, p. 33 (32).

Les pièces les plus sensibles au bruit doivent être disposées du côté opposé à la source de bruit, soit dans l'ordre d'importance suivant : chambres à coucher, salle de séjour, salle à manger, cuisine, salle de jeux, hall, salle de bain, garde-robe, rangement (voir figure 12). Dans le cas des balcons, des avancées (voir figure 13, à droite) ou des bâtiments adjacents peuvent servir de protection.

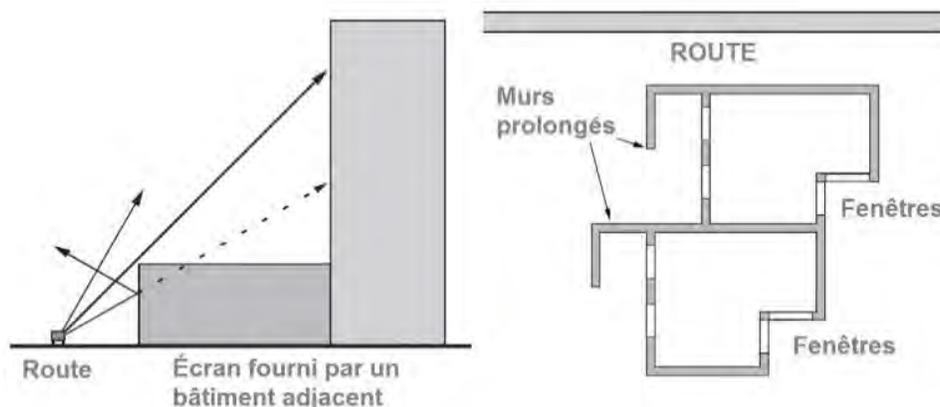
Figure 12 Exemple d'un agencement optimal des espaces de vie



Note : Les espaces qui nécessitent une plus faible exposition au bruit, tels que les chambres à coucher ou les salles de séjour (à gauche) et les espaces de travail (à droite), doivent être situés à l'opposé des sources de bruit (p. ex., la route).

Adaptée de : European Commission Working Group 5'Noise Abatement, p. 31 (32) et Kloth (19).

Figure 13 Exemple de bâtiments autoprotégés



Note : À gauche, il est possible d'intégrer des sections à même un bâtiment lors de sa conception afin qu'elles agissent comme barrières acoustiques pour les pièces plus sensibles au bruit, dans le but de réduire considérablement le bruit intérieur. À droite, des prolongations de murs (ailes) peuvent aussi réduire le bruit intérieur et peuvent limiter le bruit sur des balcons. De plus, il faut planifier la disposition des fenêtres ouvrantes loin des sources de bruit.

Source : European Commission Working Group 5th Noise Abatement, p. 31 (32) et Kloth (19).

Protection des bâtiments sensibles contre le bruit – La conception des bâtiments sensibles (résidences, écoles, garderies et centres de la petite enfance, résidences pour personnes âgées, hôpitaux, etc.) nécessite une attention particulière. Les aspects suivants devraient être considérés :

- Localisation :
 - par exemple, éviter le voisinage des postes de police ou des services de sécurité incendie (voir photo 16), des boulevards avec des débits importants de circulation ou des autoroutes;
 - favoriser l'installation à proximité de parcs (voir photo 17);
 - maintenir une distance séparatrice des voies publiques importantes (ou utiliser des écrans antibruit). Les aires de jeux ne doivent pas être affectées par le bruit pour permettre une socialisation entre les enfants et une communication non perturbée avec les éducatrices et éducateurs;
- Orientation :
 - s'assurer que le bâtiment et l'aire de jeux extérieure (écoles, garderies) ne se trouvent pas face au bruit, comme l'illustre la photo 16;
 - privilégier que les fenêtres qui s'ouvrent soient placées sur les côtés calmes;
 - voir à ce que les fenêtres donnant sur une voie de circulation soient scellées et possèdent un vitrage plus performant sur le plan acoustique.

➔ **Limite** : Dans certains cas, l'absence de fenêtre ouvrant du côté des sources de bruit pourrait nuire à la ventilation des bâtiments. Il deviendrait alors nécessaire d'utiliser un système de ventilation adéquat.



Photo 16 Exemple d'un aménagement à éviter pour une garderie



L'aire de jeux de cette garderie montre une pleine ouverture sur la voie publique et il y a présence de fenêtres sur des côtés bruyants (poste de police et voie de circulation). Crédit photo : INSPQ.

Le voisinage d'un poste de police et d'un service de lutte contre les incendies ainsi que la proximité d'une voie de circulation importante n'assurent pas un niveau de bruit souhaitable pour les activités d'une garderie. Image satellite.

Source : Google, Aéro-Photo inc. DigitalGlobe, U.S. Geological Survey, USDA Farm Service Agency.

Photo 17 Exemple d'un aménagement à favoriser pour une garderie (ou CPE) et tenant compte du bruit environnemental



La garderie (CPE) est située en milieu calme, près d'une école et d'un parc municipal, et sur une rue avec une limite de vitesse de 30 km/h. L'aire de jeux éloignée ne s'ouvre que partiellement vers la voie publique. Image satellite.

Source: Google Earth, Aéro-Photo inc. Communauté métropolitaine de Québec, DigitalGlobe. Données cartographiques (2018).

Mesure 19 – Optimiser la disposition des bâtiments

Par une meilleure disposition des bâtiments, il est possible de maximiser l'effet d'écran (voir mesure 15) et de minimiser les réflexions du bruit. Une réduction du bruit allant jusqu'à 20 dB est possible avec cette mesure.

Par exemple, la photo 18 montre un bâtiment à l'architecture en forme de « U » qui fait directement face à une source de bruit (autoroute) et dont la forme concentre le bruit et en augmente les réflexions. Par une meilleure orientation des bâtiments, il est possible de créer des zones protégées et de limiter les façades exposées au bruit (voir figure 14, à droite).

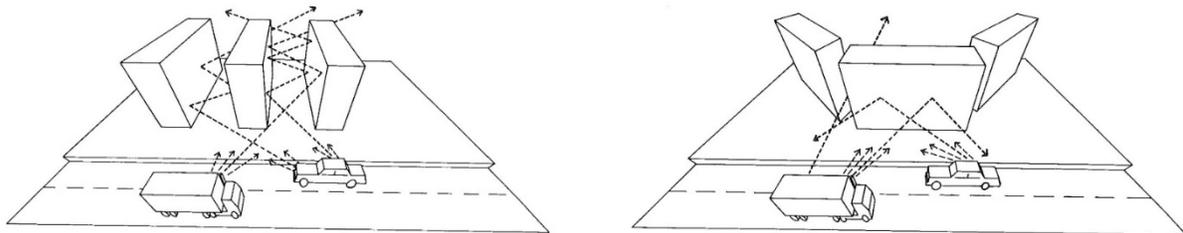
Photo 18 Exemple de conception non optimale d'un bâtiment exposé au bruit routier



Édifce à logement non protégé du bruit à proximité d'une autoroute. Avec son architecture en forme de « U », il fait face à la source de bruit et il comporte de nombreux balcons. Cette forme fait en sorte que le bruit est réfléchi et concentré. Au coin gauche, l'image à vol d'oiseau montre clairement la forme du bâtiment qui fait face à la source de bruit.

Source : Image: Google (Street View); Encadré : image satellite, Google, DigitalGlobe, sept. 2016.

Figure 14 L'orientation des bâtiments par rapport aux voies influence l'environnement sonore



Note : À gauche, l'orientation des bâtiments ne permet pas de réduire le bruit de manière efficace et les réflexions propagent le bruit. À droite, la cour intérieure est protégée, et seule une des façades des bâtiments est exposée au bruit. Si une disposition intérieure protège certaines pièces du bruit (chambres, salle de séjour, salle à dîner) et si les balcons ne sont pas exposés à la source du bruit, la santé et la qualité de vie des résidents seront augmentées et la voie de circulation pourra être utilisée à son plein potentiel. De plus, l'orientation en biais avec la route permet de minimiser le bruit reçu.

Source : MTQ (17).

Conditions pour la disposition des bâtiments :

- Mettre la plus grande distance possible entre la source et l'activité sensible;
- Placer les activités compatibles avec le bruit entre la source de bruit et les aires sensibles : stationnement, espaces ouverts, aires de magasinage ou commerciales;
- Développer en grappes plutôt qu'avec une forme linéaire qui tend à être davantage exposée au bruit, en plus de poser problème pour la sécurité routière avec la multiplication des entrées charretières;
- Orienter les bâtiments dans un angle d'environ 45 degrés par rapport à la source de bruit pour réduire les réflexions du bruit sur les parois et protéger les ouvertures;
- Utiliser l'espace naturel, la forme des édifices et des plantations en concentration suffisante et disposées pour faire écran (voir mesure 16).



Mesure 20 – Insonoriser les façades exposées

Pour les nouvelles constructions dans les secteurs déjà affectés par le bruit, en plus d'exigences concernant la disposition et la conception des édifices, il est nécessaire de fixer des exigences sur l'insonorisation. Dans les secteurs déjà affectés par le bruit, il faut prévoir des exigences d'insonorisation des façades exposées, notamment dans le cadre de programmes de rénovation.

En Norvège, l'insonorisation des façades de logements affectés par le bruit routier a montré une baisse substantielle du niveau sonore de 7 dBA ($L_{Aeq, 24 h}$) avec les fenêtres fermées, en plus de réduire la proportion de personnes fortement dérangées par le bruit de 42 % à 16 %.

→ **Limites** : Il n'y a pas de dispositions ou de lignes de conduite contre le bruit extérieur dans le Code national du bâtiment. L'insonorisation atténue le bruit reçu, mais elle ne diminue en rien les effets négatifs du bruit pour l'usage extérieur (cour, parcs, etc.). Corriger les habitations existantes reste un défi. Bien que les municipalités puissent adopter des règles particulières pour la construction (art. 118) selon la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (RLRQ, c. A-19.1), elles ne l'utilisent habituellement pas pour l'insonorisation.

Conditions d'efficacité des mesures touchant la conception et l'insonorisation :

- Informer les maîtres d'œuvre et les constructeurs sur une meilleure conception des bâtiments et leur insonorisation, et exiger qu'ils considèrent le bruit dès la planification de leur projet;
- Intégrer la prévention de la nuisance causée par le bruit lors de l'analyse de l'émission de permis de construction (demander la réalisation d'une étude acoustique prévisionnelle par les promoteurs);
- Recourir à des ressources spécialisées en acoustique en l'absence d'exigences du Code national du bâtiment – Canada 2015 pour le bruit extérieur. Il est important de noter que l'insonorisation ou l'isolation acoustique des façades exposées diffère des exigences prévues dans l'actuel Code, car ces exigences ne visent que certains bruits intérieurs;
- Ne privilégier l'insonorisation que si les autres solutions (écrans, distances séparatrices, mesures de gestion, etc.) sont inapplicables ou qu'elles n'ont pas donné une réduction suffisante.

Mesure 21 – Établir une limite pour le bruit intérieur

Sans être une mesure touchant directement les niveaux de bruit émis, il est possible d'établir une limite d'exposition à l'intérieur des bâtiments. Par exemple, l'Europe a des limites pour le bruit intérieur généré par les routes nationales pendant la journée, qui se situent généralement de 30 à 40 dBA (L_{Aeq}). Les limites nocturnes sont inférieures de 5 à 10 dBA, sans toutefois se situer sous 30 dBA (29).

→ **Limite** : L'établissement d'une limite pour le bruit à l'intérieur doit être accompagné de mesures de réduction du bruit à la source, de mesures d'atténuation ou d'insonorisation afin de s'assurer que la limite soit respectée et qu'elle apporte des bénéfices.

6.1.7 CHAUSSÉES À FAIBLE ÉMISSION DE BRUIT

La composition et l'état des chaussées ont un impact sur le bruit de la circulation automobile.

Mesure 22 – Entretien et réparer les revêtements endommagés

Les fissures augmentent le bruit émis par les pneus au contact de la chaussée et accentuent les « bruits de caisse » lors du passage de véhicules lourds.

Entretien et réparer les revêtements endommagés permet de réduire le bruit, en plus d'accroître leur longévité. Dans les zones sensibles, le bruit devrait être un des critères utilisés pour sélectionner les routes requérant un entretien ou un nouveau revêtement. À titre d'exemple, il serait souhaitable qu'un plan d'intervention en infrastructure routière locale puisse intégrer un critère portant sur les zones sensibles au bruit routier pour la priorisation des interventions.

Mesure 23 – Utiliser des revêtements à faible émission de bruit

Le bruit du contact pneu-chaussée devient la source de bruit prédominante à partir de 30-35 km/h pour les autos (véhicules légers) et 55-60 km/h pour les camions. Certains types de revêtement permettent une réduction significative du bruit émis à la source et de sa propagation. Ces revêtements ont principalement été développés en Europe et sont très efficaces. Au Québec, de tels revêtements existent, mais ont des performances moindres de réduction du bruit, car ils diffèrent de ceux utilisés en Europe en raison du climat.

L'écart entre les différents types de revêtement utilisés sur les routes du Québec est d'environ 5 dBA, excluant les surfaces en béton-ciment qui sont généralement plus bruyantes.

Les critères de sélection des enrobés utilisés par le MTMDET incluent la prise en compte du bruit associé au contact pneu-chaussée. Parmi les types d'enrobés reconnus par le MTMDET, trois (IEG-10, SMA-10 et EGM-10) offrent les meilleures performances de réduction du bruit. Les critères sont accessibles sur le site Internet du MTMDET (33).

Combiné à d'autres mesures (p. ex., réduction de la vitesse), un revêtement plus performant pourrait permettre, dans certains cas, d'éviter l'installation d'un écran antibruit plus coûteux.

→ **Limites** : Il n'y a pas de système de catégorisation acoustique des revêtements pour faciliter la prise de décision. Cependant, le MTMDET réalise une étude comparative pour identifier les types de revêtements en béton les moins bruyants.



Pour le bruit des transports autres que routiers – Comme c'est le cas pour les mesures proposées pour le bruit routier, les meilleurs résultats de réduction du bruit sont atteints par l'application d'une combinaison de mesures. Celles-ci peuvent toucher la source d'émission, la propagation du son et sa réception.

Certaines des mesures proposées peuvent être difficiles à mettre en application dans les milieux bâtis ou engendrer des coûts importants, comme c'est le cas pour les écrans antibruit.

6.2 Bruit ferroviaire

Photo 19 Passage d'un convoi de marchandises (fret)

La réduction du bruit ferroviaire nécessite la sensibilisation et la coopération de plusieurs intervenants, notamment du palier fédéral ou provincial, selon le réseau. Dans certains cas, il peut être avantageux de réaliser une cartographie du bruit et une surveillance des niveaux de bruit à différentes périodes afin d'identifier les endroits les plus touchés et les meilleures mesures à mettre en place pour réduire l'exposition au bruit. Cependant, il demeure qu'un aménagement et une gestion qui tiennent compte des contraintes limiteront de manière durable les effets sur la santé et la qualité de vie des personnes.



Crédit photo : Richard Martin, INSPQ.

Mesure 24 – Prescrire une distance séparatrice

La mise en place d'une distance séparatrice entre les infrastructures de transport ferroviaire et les lieux sensibles peut être une mesure efficace pour réduire les niveaux de bruit (voir photo 20). Une telle disposition devrait se retrouver dans les règlements de zonage. Les distances fixées doivent être maintenues à la fois pour protéger les personnes, mais aussi les infrastructures. Les distances séparatrices peuvent aussi réduire les vibrations transmises par les convois vers les bâtiments à proximité des voies et la nuisance qu'elles engendrent. Par cette mesure, la réduction locale peut atteindre jusqu'à 6 dB avec une possible réduction générale jusqu'à 2 dB selon des experts européens.

Photo 20 Déplacement de voies ferrées pour maintenir une distance séparatrice : qualité de vie et stratégie intermodale



À Valleyfield, la voie ferrée principale du transporteur ferroviaire CSX qui passait au centre-ville a été déplacée en dehors des secteurs sensibles. L'implication financière de la ville, de la compagnie et du gouvernement du Québec a donné lieu à l'implantation d'un terminal intermodal dans le parc industriel et portuaire au sud de la ville, et ce, à proximité d'autoroutes.

Source : reproduite avec l'aimable autorisation de INFOsuroit.com.

Par exemple, en 1981, la SCHL a recommandé la prudence pour toute construction résidentielle à moins de 100 m d'une voie ferrée (13). La Fédération canadienne des municipalités (FCM) et l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC) (34) recommandent la réalisation d'une étude acoustique pour certaines distances (voir mesure 27). Comme l'efficacité des distances mentionnées par ces organismes n'a pas été évaluée, elles doivent être validées par une étude, car elles pourraient s'avérer insuffisantes dans plusieurs cas.

→ **Limite** : L'efficacité varie selon la distance, mais aussi selon la topographie et les conditions de propagation du bruit (voir figure 4 sur les facteurs influençant la propagation). Une analyse cas par cas avec une étude acoustique prévisionnelle est souhaitable afin d'appliquer des distances appropriées au secteur et, si nécessaire, d'ajouter d'autres mesures.

Mesure 25 – Installer des écrans antibruit

Comme pour le bruit routier, l'utilisation d'écrans antibruit permet de réduire les niveaux sonores à proximité des voies ferrées. Le type d'écran utilisé (mur, butte de terre, édifice-écran, rangées multiples de végétaux) dépendra des contraintes et des besoins locaux.

Deux types d'écrans ont été recensés et ils ont des performances différentes :

- les écrans bas de 0,5 à 1 m de haut, distants d'environ 1,7 m de la voie, ne sont efficaces qu'avec les écrans (carénages) couvrant les roues des voitures ou des wagons (de 2 à 11 dBA);
- les écrans plus hauts, de 1,5 à 4 m, habituellement positionnés à 4 m de la voie, peuvent atteindre une réduction de 5 à 15 dBA.

→ **Limites** : L'efficacité varie entre autres selon la hauteur de l'écran et la distance entre la source et le site exposé. L'effet sur la réduction reste très limité pour des bâtiments en hauteur, puisque les écrans restreignent l'accès aux voies. Le coût d'entretien additionnel doit être pris en compte.

Mesure 26 – Installer des fenêtres plus performantes sur le plan acoustique

L'insonorisation est la dernière mesure appliquée lorsque les autres moyens mis en place ne permettent pas de respecter les limites d'exposition au bruit. Les fenêtres, en raison de leur capacité d'insonorisation plus faible, sont souvent l'un des principaux points d'entrée du bruit à l'intérieur des bâtiments. Le remplacement des fenêtres de la façade la plus exposée au bruit environnemental par des fenêtres plus performantes sur le plan acoustique peut réduire le bruit de 10 à 30 dBA.

→ **Limite** : La diminution du bruit varie selon la performance acoustique des nouvelles fenêtres et selon le type des fenêtres qui sont remplacées. Les réductions les plus importantes (30 dBA) ont été atteintes en Europe lors du remplacement de vitrage simple.

Mesure 27 – Imposer une valeur limite au point de réception

Comme pour le bruit routier (voir mesure 24), il est possible d'adopter des règlements qui imposent une limite au niveau sonore à des endroits donnés (p. ex., à l'intérieur des lieux sensibles ou des bâtiments). Pour les lieux où cette nouvelle limite sonore est inférieure aux niveaux déjà présents, le respect de cette limite signifiera une réduction du bruit.

Pour respecter des limites de bruit, la FCM et l'ACFC (34) recommandent que tout nouvel usage sensible à l'intérieur d'une zone d'influence du bruit fasse l'objet d'une étude acoustique pour juger de l'impact sonore. Selon ces deux associations, les zones minimales à considérer en fonction des activités ferroviaires sont les suivantes :

- Triage ferroviaire (gare de triage) : 1 000 m;
- Ligne principale de première catégorie : 300 m;
- Ligne principale de deuxième catégorie : 250 m;
- Ligne secondaire de première catégorie : 150 m;
- Ligne secondaire de deuxième catégorie; embranchement : 75 m.

→ **Limites** : La diminution du bruit pouvant être obtenue varie selon les niveaux d'exposition déjà présents avant l'imposition de la limite. Une telle mesure doit être soutenue par la mise en place d'autres mesures de gestion (écrans, insonorisation, distances séparatrices pour les nouvelles constructions ou les nouvelles infrastructures, études acoustiques, etc.), qui permettront de respecter la limite.

Mesure 28 – Mettre en place des aménagements qui permettent aux exploitants de cesser l'utilisation d'avertisseurs sonores (sifflets)

Les avertisseurs sonores des trains (sifflets) sont une source de bruit et de nuisance importante à proximité des voies ferrées. Par le biais d'une procédure établie (voir encadré), il est possible d'éliminer l'utilisation du sifflet en le remplaçant par des barrières et des feux clignotants.



Conditions pour cesser l'utilisation d'avertisseurs sonores (35) :

- La demande doit être formulée par la municipalité auprès de la compagnie ferroviaire concernée;
- La population et Transports Canada doivent en être informés;
- L'installation de barrières et de feux clignotants est exigée.

→ **Limites** : Le processus peut varier selon qu'il s'agisse d'un chemin de fer de compétence fédérale ou provinciale. Les mesures pour atténuer le risque peuvent aussi inclure d'autres mesures comme l'installation de clôtures le long de l'emprise ferroviaire. Une analyse de sécurité spécifique à chaque passage à niveau visé par la dispense de sifflet est souvent nécessaire. Le coût des travaux est à la charge de la municipalité qui en fait la demande et ces travaux ne sont généralement pas admissibles à une subvention.

Mesure 29 – Mettre en place des mesures de réduction du bruit ferroviaire à la source

Plusieurs mesures de réduction à la source permettent d'obtenir des réductions appréciables du bruit ferroviaire (voir tableau 5). La mise en application de telles mesures, en collaboration avec des partenaires externes, peut être une solution intéressante, particulièrement en milieu bâti, où l'application de mesures d'aménagement peut être plus difficile.

Tableau 5 Mesures de réduction du bruit ferroviaire à la source

N°	Mesure	Réduction attendue
29.1	Mise en place d'un programme pour lubrifier (stations de lubrification) et meuler les voies	10 à 12 dBA
29.2	Remplacer les semelles de freins en fonte par des semelles en composites (wagon)	8 à 10 dBA
29.3	Installer des amortisseurs-absorbeurs pour les roues et des amortisseurs pour les rails près des secteurs affectés	2 à 7 dBA

- **Limites** : Les mesures proposées nécessitent la sensibilisation et la coopération de partenaires externes, soit les opérateurs et les propriétaires des wagons et des infrastructures. Il est possible que certaines mesures soient déjà appliquées; dans ce contexte, les gains prévus pourraient être plus faibles.



Gares de triage – Elles sont parmi les sources les plus bruyantes et qui causent la plus grande nuisance. Leur aménagement nécessite une prise en compte adéquate du bruit : distances séparatrices importantes, freins de voies (voir photo 21), stations de lubrification des voies (modificateurs de friction), écrans, limite du développement d'usages sensibles à proximité (réciprocité), etc. De plus, certaines procédures opérationnelles peuvent aussi être mises en place : horaires diminuant le travail pendant la nuit activités réduites à proximité des secteurs résidentiels, limiter le fonctionnement des locomotives de manœuvre servant au triage lorsqu'elles sont en attente, meilleure insonorisation du compartiment du moteur, etc.

- **Limites** : Les compagnies de chemins de fer pourraient être non favorables à une réduction des horaires de travail pendant la nuit en raison de l'effet sur leur productivité.

Photo 21 Freins de voie dans une gare de triage



Exemple d'un frein de voie dans une gare de triage en Europe. Un tel dispositif limite les bruits d'impacts lors du montage des trains en ralentissant les wagons avant que ceux-ci soient attelés à d'autres wagons. Les freins de voie peuvent réduire le bruit de 5 à 20 dBA.

Source : Réseau ferré de France, p. 8 (36).

6.3 Bruit de la circulation aérienne

La décision d'aménager et de déterminer l'emplacement d'un aéroport ou d'un aérodrome privé est de compétence fédérale. Ainsi, comme pour le bruit ferroviaire, la réduction du bruit de la circulation aérienne nécessite la sensibilisation de plusieurs intervenants et leur coopération : administration de l'aéroport, municipalité, transporteurs, Transports Canada et résidents des zones affectées.

Conditions nécessaires à la bonne planification – Il est important d'obtenir et d'analyser la carte des prévisions d'ambiance sonore (ou *noise exposure forecast* [NEF]) produite par l'aéroport (voir photo 22). Cette carte, qui montre les zones affectées par le bruit, est essentielle pour guider les choix relatifs à l'aménagement du territoire en bordure d'un aéroport. Le NEF est une mesure de prévision d'ambiance sonore proposée par Transports Canada pour la planification et la gestion du voisinage des installations aéroportuaires. C'est une mesure complexe qui représente l'ensemble des bruits produits par les avions d'un aéroport.

Photo 22 Exemple de carte des prévisions d'ambiance sonore (NEF) de l'Aéroport Montréal-Trudeau précisant les zones de contraintes



Source : Conseil d'agglomération de Montréal, p. 120 (37).

Des effets négatifs liés au bruit apparaissent dès l'atteinte du niveau NEF₂₅*. À partir du niveau NEF₃₀, les maisons doivent être protégées par une isolation acoustique additionnelle et les effets sur le bruit à l'extérieur (cours, balcon) ou lors de l'ouverture des fenêtres ne peuvent être évités. La zone NEF₃₀ n'est donc pas compatible avec un usage résidentiel.

Ces cartes ont été produites par les aéroports les plus importants (p. ex., Montréal-Trudeau, St-Hubert-Longueuil et Jean-Lesage de Québec), mais aussi pour certains aéroports régionaux, de manière *ad hoc*, dans le cadre d'un projet amorcé en 2013 par le Conseil des aéroports du Québec. Ce projet a été financé à l'époque par le Programme d'aide au transport aérien du MTMDET. Il est donc pertinent de faire produire des cartes avec les niveaux de service actuels. Dans certains cas, il est aussi nécessaire d'avoir des cartes avec les niveaux de bruit prévus ou projetés, considérant, entre autres, un changement de la vocation de l'infrastructure, du type d'appareils utilisés et de la fréquence des opérations.

* À titre de comparaison avec les dBA, une valeur NEF₂₅ correspond à environ 56 dBA (Ldn), et NEF₃₃ à 65 dBA (Ldn). La valeur NEF représente le bruit produit par tous les avions d'un aéroport, à partir des mouvements réels et prévus des avions, par piste et en fonction du jour et de la nuit.

Mesure 30 – Interdire toute construction résidentielle dans la zone NEF₃₀ ou plus

Une telle recommandation est en accord avec ce que dit Transports Canada : « Les nouveaux projets de construction résidentielle ne sont pas compatibles avec la courbe NEF₃₀ et au-dessus, et on ne devrait pas entreprendre de tels projets. » (38). De plus, dans le cas des nouveaux aéroports, Transports Canada recommande de ne pas autoriser l'utilisation des terrains en zone NEF₂₅ pour des usages sensibles. Une telle interdiction est déjà en place en Ontario.

- **Limites** : Même si les municipalités ont des pouvoirs limités sur l'aménagement des aéroports, il est important de respecter le principe de réciprocité dans les restrictions de construction dans la zone NEF₃₀. S'il peut être difficile de restreindre de nouvelles constructions dans un milieu déjà bâti, il demeure que l'ajout de nouvelles constructions résidentielles devrait être évité.

Mesure 31 – Avoir des exigences d'insonorisation pour les bâtiments situés dans la zone NEF₂₅

Selon Transports Canada, les nouvelles constructions résidentielles dans des zones affectées par le bruit devraient inclure des mesures pour mieux insonoriser l'intérieur du bâtiment :

Il peut y avoir du mécontentement causé par le bruit des avions dès que la courbe NEF atteint 25. Il est recommandé que les promoteurs soient mis au courant de cette situation et qu'ils fassent de même avec tous les locataires ou acheteurs potentiels de bâtiments résidentiels. De plus, il est suggéré qu'aucun projet de construction résidentielle ne soit entrepris tant que les autorités responsables ne sont pas satisfaites que des caractéristiques d'isolation acoustique ont été incluses, au besoin, dans la construction des bâtiments. (38).

Le Conseil national de recherches Canada (CNRC) a publié quelques documents techniques sur l'insonorisation contre le bruit des avions et sur lesquels les firmes en acoustique peuvent se baser pour proposer des devis à appliquer contre le bruit extérieur (voir *Références complémentaires* : Bradley *et al.*, 1998; Bradley *et al.*, 2001).

- **Limite** : Étant donné la nature du bruit de la circulation aérienne, l'insonorisation des bâtiments est moins efficace que pour le bruit routier. L'installation de fenêtres mieux insonorisées dans les chambres à coucher, même avec un système de ventilation adéquat, peut mener à une perception négative du climat intérieur et n'élimine pas entièrement la nuisance sonore. Au Québec, que ce soit dans le Code national du bâtiment ou dans le Code de construction (RLRQ, B-1.1, r.2), il n'y a pas d'exigences pour le bruit provenant de l'extérieur. L'insonorisation des bâtiments n'a pas d'effet sur le niveau de bruit extérieur, ce qui peut limiter les usages extérieurs à certaines périodes de l'année.

Améliorer l'insonorisation des bâtiments sensibles – En Europe et aux États-Unis, à proximité des aéroports, il y a des programmes en place pour améliorer la protection des bâtiments sensibles contre le bruit du trafic aérien. De tels programmes n'ont cependant jamais existé au Canada. Les coûts d'un programme d'insonorisation pour les bâtiments existants peuvent être financés à partir d'une redevance sur le bruit exigée des transporteurs et des passagers utilisant l'aéroport (mesure de type pollueur-payeur). C'est le cas entre autres aux aéroports de Londres-Heathrow, Amsterdam Schiphol, Paris-Orly, Paris-Charles-de-Gaulle, Bordeaux-Mérignac, Nice Côte d'Azur, Beauvais-Tillé, Bâle-Mulhouse.



Mesure 32 – Adopter des restrictions d'opération et des procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit

Plusieurs mesures de gestion, soit des restrictions d'opération et des procédures opérationnelles, peuvent être mises en place pour réduire le bruit de la circulation aérienne (voir tableau 6). L'ensemble des mesures suggérées sera utile pour les aéroports publics.

Cependant, dans le cas des aéroports privés, deux mesures peuvent être adaptées (heures d'opération et restrictions de survols), sans oublier les distances séparatrices.

→ **Limite** : Nécessite la sensibilisation et la coopération de partenaires externes (municipalités, aéroport, opérateurs, NAV Canada et citoyens).

Tableau 6 Restrictions d'opération et procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit

N°	Mesure	Commentaires et précisions
32.1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surveiller activement le bruit en temps réel pour les aéroports les plus importants ▪ Suivre périodiquement les niveaux de bruit dans le cas des plus petits aéroports (p. ex., les aéroports régionaux) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Favorise la mise en place des mesures de réduction du bruit et le respect des limites fixées pour protéger le voisinage. Les niveaux de bruit peuvent être liés aux données sur les vols, la météo et le suivi des plaintes. Les résultats devraient être accessibles au public, incluant les données en temps réel.
32.2	Avoir un couvre-feu pour les avions les plus bruyants	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Assure la protection du sommeil; ▪ Favorise l'utilisation des avions les moins bruyants en période nocturne ou pour les départs tôt en matinée.
32.3	Mettre en place une procédure de descente continue	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Considérée comme un choix « gagnant-gagnant »; ▪ Réduit la superficie de la zone exposée au bruit.
32.4	Utiliser des pistes loin des usages sensibles pendant la nuit	
32.5	Interdire les tests moteurs pendant la nuit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ À combiner avec la mise en place d'écrans antibruit dans le secteur des tests.
32.6	Instaurer une redevance (<i>surcharge</i>) pour le bruit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permet de financer des mesures d'atténuation du bruit; ▪ Fait en sorte que les appareils bruyants évitent les aéroports avec des redevances.
32.7	Établir une limite pour le bruit émis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devrait être accompagnée d'une surveillance et d'un suivi des niveaux sonores.
32.8	Restreindre les survols au-dessus des zones à usages sensibles	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pour les vols touristiques (avions et hélicoptères).
32.9	Mettre en place et participer à un comité de gestion des plaintes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recommandation de Transports Canada. Doit inclure une participation de citoyens touchés par le bruit de la circulation aérienne.

6.4 Bruit d'installations portuaires

Les activités connexes à la navigation maritime et à la navigation marchande (p. ex., les installations portuaires) relèvent de la compétence fédérale. Les actions pour contrôler le bruit provenant de ces activités nécessitent la sensibilisation, mais aussi la coopération des administrations portuaires, des municipalités et des citoyens des zones affectées par la pollution sonore. Quant à l'administration des ports les plus importants, elle relève habituellement du palier fédéral. La réduction vise à la fois le bruit émis par les navires, le matériel roulant (qui inclut souvent du matériel ferroviaire et du triage de wagons) et les opérations. Celles-ci sont notamment caractérisées par des bruits forts (bruits d'impacts), des bruits à caractère tonal (alarmes de recul) et des bruits de basses fréquences (grondement provenant de moteurs, compresseurs, génératrices, etc.). Les basses fréquences ont la particularité de se propager sur de plus grandes distances et d'être plus dérangeantes.

Photo 23 **Activités portuaires**



Vue aérienne d'une partie
du Port de Montréal.

Chargement d'un navire porte-conteneurs.

Crédit photos : Port de Montréal. Source :
reproduites avec l'aimable autorisation du
Port de Montréal.



Mesure 33 – Disposer d'une carte du bruit émis par les installations portuaires

La réalisation d'une carte du bruit permet de planifier le développement à proximité des installations portuaires en tenant compte des particularités locales. Elle contribue à identifier les sites bruyants dans l'ensemble des installations, ce qui aide l'administration portuaire dans sa gestion de l'environnement sonore.

→ **Limite** : Moyen plus statique comparé à la surveillance continue du bruit (voir mesure 38.6).

Mesure 34 – Protéger les installations en évitant le rapprochement d'usages sensibles

Les ports ne devraient pas s'approcher des zones à usages sensibles, pas plus que les usages sensibles ne devraient s'approcher des installations portuaires. Conséquemment, les municipalités devraient appliquer le principe de réciprocité au moyen d'un règlement de zonage en empêchant le développement d'usages sensibles dans des secteurs exposés au bruit provenant d'installations portuaires de même que le développement d'activités portuaires près des zones destinées à des usages sensibles (voir mesure 17). Par contre, l'application d'une distance minimale de séparation entre un port et des secteurs avec des usages sensibles est une mesure dont l'efficacité peut grandement varier. Outre la distance, d'autres conditions, telles que la météo ou la topographie, vont influencer la propagation du bruit.

→ **Limite** : Mesure qui peut être difficilement applicable en milieu déjà bâti où l'espace nécessaire est peu disponible.

Mesure 35 – Utiliser des écrans antibruit

L'usage d'écrans ou d'édifices-écrans (p. ex., hangars, conteneurs positionnés comme écrans) permet de protéger les sites résidentiels déjà affectés par le bruit. L'efficacité est similaire à ce qui peut être obtenu pour le bruit routier (de 5 à 12 dBA pour la zone protégée) et variera selon la hauteur de l'écran et des édifices avoisinants (voir mesures 13 à 16). Cette mesure est déjà utilisée dans des ports en Europe.

Photo 24 Exemple d'écran



Un édifice-écran ou empiler plusieurs conteneurs peut servir à limiter la propagation du bruit vers les lieux sensibles.

Source : Port de Montréal.

→ **Limites** : La hauteur limitée des écrans ne protège pas les étages supérieurs ni les bâtiments sensibles plus éloignés (offre une protection locale). Ils peuvent entraîner un effet possible de cloisonnement, affecter l'environnement immédiat (ensoleillement, vents, etc.), et leur esthétique peut être un facteur critique d'acceptation.

Mesure 36 – Aménager des voies de contournement

Cette mesure permet que le transport pour accéder aux ports se fasse à l'extérieur des secteurs sensibles. Si de telles voies ne peuvent être construites, il y a lieu de mettre en place avec la municipalité des mesures de gestion de la circulation qui viseront notamment à limiter le bruit en plus d'augmenter la sécurité des résidents à l'égard des poids lourds (voir mesures 5 à 12).

→ **Limites** : En général, les mesures de gestion qui s'adressent aux comportements (sauf celles qui touchent les aménagements) n'ont pas la même durabilité que les aménagements qui dictent le comportement à adopter.

Mesure 37 – Favoriser l'utilisation des meilleures pratiques avec les administrations portuaires

Des bonnes pratiques spécifiques aux ports ont été recensées afin de réduire ou de limiter le bruit dans les secteurs environnants (voir tableau 7).

→ **Limites** : Certains ports sont soumis à la législation et à la réglementation fédérale, ce qui peut limiter les actions ou exigences que pourrait avoir une MRC ou une municipalité.

Tableau 7 Bonnes pratiques pour la réduction du bruit provenant d'installations portuaires

N°	Mesure	Commentaires et exemples
37.1	Susciter la mise en place d'une surveillance active des niveaux de bruit	<ul style="list-style-type: none"> Contribue à gérer le bruit et à limiter les effets auprès des secteurs sensibles. Le port de Vancouver a mis en place une telle mesure.
37.2	Limiter le bruit pendant la nuit	<ul style="list-style-type: none"> Concentration des activités ayant lieu 24 h sur 24 dans certaines sections des ports, loin des usages sensibles.
37.3	Appliquer des procédures de chargement ou de transbordement moins bruyantes	<ul style="list-style-type: none"> Pompes insonorisées sur les navires, convoyeurs fermés, groupes électrogènes ou génératrices plus silencieux, alarmes de recul avec un signal à large bande, etc. (voir mesure 39).
37.4	Raccorder les navires au réseau électrique terrestre	<ul style="list-style-type: none"> Limite le bruit venant de moteurs auxiliaires, de moteurs de grues électrifiées, etc.
37.5	Faire en sorte que les camions transportant les conteneurs aient des amortisseurs (plaques de caoutchouc) sur leurs plateformes	<ul style="list-style-type: none"> Limite les bruits d'impact.
37.6	Insonoriser les résidences	<ul style="list-style-type: none"> Lorsque les actions prises ne permettent pas une réduction du bruit dans les milieux sensibles (façades, fenêtres) (voir mesure 20).
37.7	Utiliser des alarmes de recul moins dérangeantes	<ul style="list-style-type: none"> Plusieurs grues et camions sont dotés d'alarmes de recul (<i>bip-bip-bip</i>) qui peuvent occasionner de la nuisance sur de grandes distances (voir les alarmes suggérées à la mesure 39).
37.8	Contribuer à l'élaboration d'un plan d'action contre le bruit pour chaque installation portuaire	<ul style="list-style-type: none"> Échanges entre la municipalité et l'administration portuaire dans un contexte de gestion et de développement durable. Mesure qui nécessite la sensibilisation et la coopération de partenaires externes.
37.9	Participer à la mise en place d'un comité de gestion des plaintes incluant des citoyens	<ul style="list-style-type: none"> Mesure de collaboration et d'ouverture qui aide à la mise en place de solutions.

6.5 Bruit des chantiers de construction

La densification en milieu urbain amène son lot de travaux, d'aménagements ou de réaménagements. Comme des travaux de construction sont alors réalisés en milieu bâti, à proximité ou à l'intérieur de zones résidentielles, des mesures doivent être prises pour limiter et atténuer le bruit de ces travaux pour diminuer l'impact sur la qualité de vie des résidents du secteur touché. Ces mesures doivent aussi porter une attention au bruit routier provenant de la circulation des camions lourds, et ce problème devrait être intégré à la planification des chantiers. De plus, la prise en compte de la présence de plusieurs chantiers adjacents et de leur impact cumulatif permet d'éviter une « surenchère » sonore.

Mesure 38 – Atténuer le bruit provenant des activités des chantiers de construction

Le tableau 8 liste les mesures qui contribuent à limiter la nuisance sonore des travaux dans le voisinage des chantiers.

Tableau 8 Liste de mesures d'atténuation du bruit des chantiers de construction

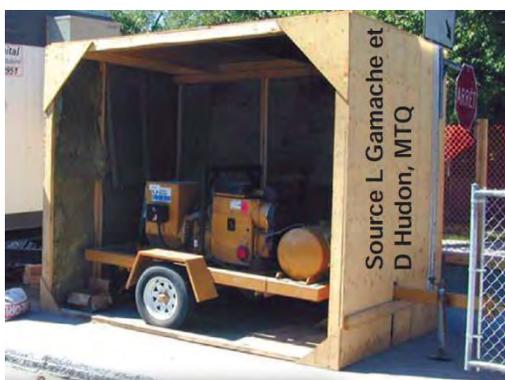
N°	Mesure	Commentaires et exemples
38.1	Exiger des équipements performants sur le plan sonore	<ul style="list-style-type: none"> Les équipements vendus en Amérique du Nord diffèrent de ceux utilisés en Europe, même si ce sont souvent les mêmes fabricants qui adaptent ou conçoivent leurs machines ou outils selon les exigences du marché. Par exemple, lors de l'émission des permis, la ville de New York remet une liste d'équipements moins bruyants qui doivent être privilégiés. Le MTMDET a des règles de base quant à l'exigence d'équipements moins bruyants pour des chantiers routiers.
38.2	Fournir des informations suffisantes et réalistes sur le bruit généré aux personnes résidant à proximité d'un chantier de construction	<ul style="list-style-type: none"> Particulièrement important pour les chantiers de moyenne ou de longue durée.
38.3	Installer des écrans temporaires (murs, toiles acoustiques) (voir photo 24)	<ul style="list-style-type: none"> Réduction du bruit jusqu'à 10 dBA (dans des conditions optimales).
38.4	Tenir compte du moment de la journée et de la présence d'usages sensibles dans le choix des limites d'exposition et des mesures d'atténuation	<ul style="list-style-type: none"> Par exemple, restreindre les travaux non urgents le soir et les interdire la nuit à proximité des lieux sensibles; Le MTMDET a élaboré une norme et propose un devis comme outil de gestion des chantiers routiers (39,40); Le MDDELCC propose des lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel (28) pour encadrer le bruit des chantiers associé aux sources fixes.
38.5	Prévoir des livraisons silencieuses	<ul style="list-style-type: none"> Permettre la livraison de matériaux pendant la nuit ou tôt le matin, à condition d'utiliser des pratiques adéquates (voir <i>Références complémentaires</i> : guide spécifique à la construction du UK Department of Transport, 2014).
38.6	Réaliser une surveillance active en continu (<i>monitoring</i>) du bruit	<ul style="list-style-type: none"> Mesure pour les chantiers les plus importants. Des systèmes de surveillance permettent de rendre les données accessibles en temps réel sur Internet pour la population, en plus de fournir des alertes aux gestionnaires et aux opérateurs du chantier afin de respecter les limites fixées. En usage au MTMDET.

Tableau 8 Liste de mesures d'atténuation du bruit des chantiers de construction (suite)

N°	Mesure	Commentaires et exemples
38.7	Prévoir des pénalités en cas de non-respect des conditions imposées	<ul style="list-style-type: none"> Mesure intégrée aux contrats et assujettie à la surveillance du bruit.
38.8	Appliquer des mesures d'insonorisation aux résidences et logements	<ul style="list-style-type: none"> Par exemple, pose de contre-fenêtres, appareils de climatisation pour compenser l'impossibilité d'ouvrir les fenêtres et pour masquer le bruit, etc. Utilisé sur un chantier de l'autoroute souterraine à Boston.

Note : Le devis dont s'est doté le MTMDET pour la gestion du bruit sur les chantiers de construction touchant les infrastructures de son réseau donne de plus amples précisions sur les exigences de ce Ministère et sur bon nombre de mesures synthétisées dans le précédent tableau (40).

Photo 25 Écrans antibruit temporaires pour des chantiers de construction



Des écrans en contreplaqué, avec un produit insonorisant, limitent la nuisance dans des secteurs affectés par des travaux à moyen et à long terme.

Source : Lafontaine *et al.*, p. 12 (41).

Mesure 39 – Encourager l'utilisation d'alarmes de recul moins dérangeantes

Le bruit des avertisseurs de recul (*bip-bip-bip*) qui servent à attirer l'attention quant au danger lors de mouvements de véhicules sur un chantier ou des sites de travaux peut être source de dérangement dans le voisinage, et fait souvent l'objet de plaintes. Ces alarmes sont obligatoires en vertu du Code de sécurité pour les travaux de construction (c. S-2.1, r.4; art. 3.10.12, al.1, al.2 *et al.* 3c).

Il existe des alarmes sonores dites « à large bande » qui émettent un son différent (*pschitt, pschitt*), jugé moins agressif pour l'oreille. L'utilisation d'alarmes à large bande sur des véhicules de chantier est une mesure efficace pour réduire la nuisance subie par les personnes habitant près d'un chantier.

Comme certaines réglementations municipales exigent des alarmes tonales (*bip-bip-bip*), celles-ci pourraient être modifiées pour inclure des alarmes à large bande avec l'obligation de la formation décrite ci-dessous (voir *Limite*).

→ **Limite** : Ce type d'alarme respecte les critères établis dans le Code de sécurité pour les travaux de construction, dont la norme SAE J994. Cependant, étant donné que l'utilisation de ce type d'alarme est encore relativement récente, il est essentiel qu'une formation adéquate pour reconnaître ces alarmes soit donnée à toutes les personnes qui fréquentent le chantier ou le site de travail, afin d'assurer leur sécurité.

6.6 Sources fixes et bruit de voisinage

L'utilisation d'une même zone ou d'un même bâtiment pour différents usages peut mener à des conflits. Le bruit environnemental, qu'il soit de nature industrielle, commerciale, ou qu'il provienne des activités de loisirs, est souvent un facteur déterminant dans ce type de conflit.

En l'absence de limites de bruit chiffrées, il est toutefois possible de se référer à la note d'instruction 98-01 du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) sur le « Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent », qui est utilisée dans le cadre de l'autorisation des projets, ou à la Norme « Bruit audible généré par les postes électriques- TET-ENV-N-CONT001 » d'Hydro-Québec.

Les sections suivantes rappellent comment certaines des mesures présentées pour les bruits des transports peuvent être mises en application pour atténuer le bruit de sources fixes. De plus, elles présentent des mesures de réduction spécifiques à certains usages (loisirs motorisés, lieux de diffusion musicale, aires de sports bruyantes).

La considération du bruit environnemental en provenance des sources fixes et du voisinage dans l'aménagement d'un territoire vise à permettre la compatibilité et la coexistence de diverses activités ainsi que d'assurer la qualité de vie des riverains.

Mesure 40 – Atténuer le bruit des sources fixes par des mesures utilisées pour les bruits des transports

Plusieurs des mesures de gestion du bruit proposées pour le bruit de la circulation routière ou pour le bruit des transports autres que routiers peuvent être mises en application pour les bruits de sources fixes ou le bruit de voisinage. Le tableau 9 résume ces principales mesures, de même que des précisions et des exemples d'applications pour des sources fixes. Il y a lieu de consulter la présentation des mesures dans leurs sections respectives pour une description complète, incluant leurs limites.

Tableau 9 Bonnes pratiques pour la réduction du bruit de sources fixes

N°	Mesure	Commentaires et précisions
40.1	Mesure 13 – Murs antibruit	
40.2	Mesure 14 – Buttes de terre antibruit	■ Pour les postes de distribution d'électricité, par exemple.
40.3	Mesure 15 – Édifices-écrans	
40.4	Mesure 16 – Rangées multiples de végétaux (disposition optimisée)	
40.5	Mesure 17 – Établir des distances séparatrices	■ Dans le cas des sources fixes, chaque doublement de distance réduit le niveau sonore de 6 dBA (comparativement à 3 dBA pour le bruit routier). ■ Pour des établissements industriels, sites miniers, carrières, sablières, postes de distribution d'électricité, etc.
40.6	Mesure 18 – Autoprotéger les bâtiments dès leur conception	■ À combiner avec la mesure 19.
40.7	Mesure 19 – Optimiser la disposition des bâtiments	■ Pour les industries : les dépoussiéreurs ou ventilateurs devraient se situer du côté opposé à une zone sensible ou, encore, leur insonorisation devrait être améliorée.

Tableau 9 Bonnes pratiques pour la réduction du bruit de sources fixes

N°	Mesure	Commentaires et exemples
40.8	Mesure 20 – Insonoriser les façades exposées	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éoliennes, industries, etc.
40.9	Mesure 27 – Imposer une valeur limite au point de réception	<ul style="list-style-type: none"> ▪ À accompagner de mesures de vérification pour en assurer le respect de la limite fixée.
40.10	Mesure 32 – Adopter des restrictions d'opération et des procédures opérationnelles qui favorisent la réduction du bruit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éoliennes : restrictions d'opérations dans certaines conditions météo favorisant la propagation du bruit; ▪ Industries et commerces : horaires de livraison à éviter pendant la nuit en raison des alarmes de recul; ▪ Concentrer les activités les plus bruyantes pendant le jour; ▪ Développer des livraisons silencieuses (voir mesure 46); ▪ Introduire des alarmes de recul à large bande (voir mesure 39); ▪ Quai de livraison couvert (écran) pour limiter le bruit extérieur.

Mesure 41 – Exiger une étude acoustique pour de nouvelles sources fixes

Le bruit peut être prévenu ou mieux géré lorsqu'une étude acoustique est exigée lors de l'installation de nouvelles sources fixes de bruit. Parmi les sources fixes à potentiel bruyant, il y a des industries, de nouveaux commerces (restaurants, terrasses, bars, etc.) ou certaines activités récréatives (pistes de course, sites de spectacles musicaux ou pyrotechniques, champs de tir, etc.).

Une étude acoustique (voir section 4.3) permet d'estimer les niveaux de bruit, le potentiel de dérangement et d'identifier les mesures d'atténuation pouvant être appliquées par le promoteur pour une nouvelle activité introduite dans un milieu. En dehors des projets où une étude acoustique est exigée par le MDDELCC, l'exigence d'une telle étude par les municipalités et les MRC pour de nouvelles activités pourrait assurer la pérennité de celles-ci, en limitant les impacts sur la santé et la qualité de vie des riverains ainsi que la gestion des plaintes. La démarche peut également inclure une exigence de consulter le voisinage.

Par réciprocité, l'installation d'usages sensibles à proximité d'industries ou de commerces bruyants, de même que la conversion de commerces en logements dans des secteurs affectés par le bruit, nécessite une évaluation des impacts acoustiques.

➔ **Limites** : Au Québec, ce genre d'étude est habituellement exigé pour les grands projets soumis à des consultations publiques comme ceux soumis au processus de consultation du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). De plus, il est nécessaire de contrôler l'efficacité des mesures d'atténuation mises en place à la suite de l'étude acoustique initiale. Cette validation sera effectuée par une étude acoustique de contrôle.

6.7 Mesures d'aménagement et pratiques de gestion spécifiques à certains usages

Plusieurs usages, qu'ils soient ponctuels ou récurrents, peuvent nécessiter la mise en place d'aménagements ou de pratiques de gestion afin de limiter l'impact du bruit environnemental. Les sous-sections suivantes présentent des mesures qui peuvent être mises en place pour ces différents types d'usage, en plus de présenter quelques conseils pour le développement et la protection des zones calmes.

Certaines des mesures proposées nécessitent la sensibilisation et la coopération de partenaires externes.

6.7.1 ACTIVITÉS PARTICULIÈRES

Mesure 42 – Dépôts à neige (lieu d'élimination de neige)

Les sites de dépôt à neige (voir photo 26) sont caractérisés par des opérations bruyantes qui ont souvent lieu pendant la nuit. Ces sites génèrent aussi un volume de circulation important pendant une longue durée. À proximité de lieux sensibles, il convient de considérer les mesures d'aménagement et d'atténuation présentées dans le tableau 10.

Tableau 10 Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les dépôts à neige

N°	Mesure	Commentaires et précisions
42.1	Établir des distances séparatrices	<ul style="list-style-type: none"> La distance fixée doit permettre de respecter un niveau de bruit extérieur de 40 dBA la nuit ou le niveau de bruit ambiant antérieur au dépôt (le plus élevé des deux).
42.2	Ériger un écran temporaire	<ul style="list-style-type: none"> Avant le début de la saison hivernale, l'écran peut être constitué de contreplaqué et de laine de roche – côté bruit – maintenue par un grillage métallique. Cette mesure vise à absorber le bruit tant qu'un mur de neige n'est pas en place.
42.3	Ériger un mur de neige aux limites du site du côté des lieux sensibles	<ul style="list-style-type: none"> Cette mesure doit être mise en place pendant la journée, après les premières précipitations.
42.4	Exiger des silencieux en bon état pour tous les équipements	<ul style="list-style-type: none"> Souffleuses, bouteurs, chargeuses, pelles mécaniques et camions accédant au site.
42.5	Interdire et contrôler l'utilisation des freins moteurs sur les voies de circulation et sur le site	
42.6	Exiger l'installation d'amortisseurs sur les panneaux des camions-bennes	<ul style="list-style-type: none"> Limite les bruits d'impact causés par les claquements. Un tel dispositif réduit les bruits d'impact d'environ 15 dBA.
42.7	Aménager le site en s'assurant que les voies d'accès aient le plus faible impact sonore possible	<ul style="list-style-type: none"> La réduction de la vitesse réduit le bruit et augmente la sécurité sur le site et ses voies d'accès.

Photo 26 Exemple de dépôt à neige



Exemple de butte sur un site de dépôt à neige pour la ville de Québec (voir mesure 42.3). Une telle butte peut servir d'écran pour protéger les populations sensibles. Cependant, au début de la saison hivernale, d'autres mesures doivent être utilisées en raison des quantités réduites de neige disponible pour ériger une telle butte. Crédit photo : Camille Simard, Radio-Canada Québec.

Source : Camille Simard – Twitter : <https://twitter.com/camillesimard/status/705455361554259968>

Mesure 43 – Loisirs motorisés

Le bruit des loisirs motorisés inclut le bruit des véhicules hors route (VHR) et le bruit en provenance des pistes de course de tous types (stock car, motocross, F1, etc.). Le tableau 11 propose plusieurs mesures qui peuvent être mises en application pour réduire ces types de bruit, dont certaines sont tirées de la Loi sur les véhicules hors route (RLRQ, c. V-1.2; art. 6, 12 et 27).

Les mesures à mettre en place pour ces types d'usage sont variées et doivent être adaptées à chaque situation, en tenant compte des particularités des milieux. Par exemple, une piste de course utilisée toutes les fins de semaine nécessite l'application de plusieurs mesures afin de limiter son impact sur la santé et la qualité de vie des riverains.

Tableau 11 Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec le bruit des loisirs motorisés

N°	Mesure	Véhicules hors route	Pistes de course
43.1	Établir des distances séparatrices minimales	X ^A	X ^B
43.2	Préciser des contraintes de circulation en fonction de la période de la journée	X ^A	X
43.3	Limiter la vitesse selon la distance des résidences	X ^{A-B}	
43.4	Mettre en place des écrans antibruit temporaires	X	X
43.5	Traiter la surface des sentiers	X	
43.6	Consulter au préalable les riverains	X	
43.7	Interdire les véhicules sans silencieux, à certaines périodes pour la course, et toujours pour les VHR	X	X
43.8	Surveiller les niveaux de bruit en temps réel		X
43.9	Mettre en place un aménagement intégré pour atténuer les effets	X	X
43.10	Suivre les plaintes, en collaboration avec les citoyens	X	X

^A Dispositions légales de la Loi sur les véhicules hors route (RLRQ, c. V-1.2 ; a. 12). Pour plus de renseignements, voir le *Guide d'aménagement et d'entretien des sentiers de motoneige au Québec* de Joly et Marcil (2011) dans les *Références complémentaires*.

^B En terrain plat, des distances de plusieurs km peuvent être nécessaires.

Mesure 44 – Aires de sports en milieu habité

La pratique sportive est très importante pour la santé, mais dans le cas d'aires de sports bruyantes, certaines mesures permettent de mieux encadrer ces activités de manière à limiter le dérangement.

La pratique de certains sports ou activités (planche à roulettes, basketball, soccer, baseball, football, bains libres dans les piscines publiques, etc.) produit un niveau de bruit parfois important qui engendre de la nuisance lorsqu'il y a des habitations à proximité. Le tableau 12 propose certaines mesures qui permettent de réduire leurs impacts sur l'environnement sonore.

Tableau 12 Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les aires de sports bruyantes

N°	Mesure	Commentaires et exemples
44.1	Analyser et prévoir les impacts sonores lors de la conception	
44.2	Utiliser des matériaux et revêtements limitant les bruits d'impact	<ul style="list-style-type: none">Par exemple, pour la planche à roulettes (voir le guide de Robinson-Chouinard <i>et al.</i> dans les <i>Références complémentaires</i>)
44.3	Maintenir des distances séparatrices	<ul style="list-style-type: none">La zone de l'activité la plus bruyante sera placée le plus loin possible des lieux sensibles, mais en portant attention pour ne pas en réduire l'accessibilité. Par exemple, bien choisir l'emplacement à l'intérieur d'un parc.
44.4	Interdire l'utilisation nocturne	
44.5	Interdire l'utilisation de flûtes à air comprimé lors de compétitions intérieures et extérieures	<ul style="list-style-type: none">Limiter la nuisance dans le voisinage et protéger l'audition des spectateurs.



Écrans antibruit – Dans les parcs, les écrans antibruit sont à éviter. Ceux-ci produisent un effet de cloisonnement et peuvent entraîner des comportements indésirables.

Mesure 45 – Lieux de diffusion de musique amplifiée

Les lieux de diffusion de musique, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs, exposent la population à des niveaux de bruit qui peuvent être très importants. Le tableau 13 présente les mesures proposées pour ces deux types de lieux. Certaines des mesures proposées, comme le plafonnement des niveaux (bruit moyen et niveau maximal), peuvent réduire les niveaux de bruit environnemental autour et dans les lieux de diffusion. D'autres mesures, comme l'affichage en continu du niveau sonore, visent davantage à protéger la santé auditive des personnes exposées dans un local de diffusion.

Certains arrondissements ou municipalités ont produit des guides de bonnes pratiques pour ces types d'usage (voir, par exemple, le guide de l'Arrondissement Le Plateau-Mont-Royal dans les *Références complémentaires* pour d'autres exemples de mesures concernant le bruit des bars, des salles de spectacle et des restaurants).

Tableau 13 Mesures d'aménagement et d'atténuation en lien avec les lieux de diffusion musicale

Type de bruit	N°	Mesure	Commentaires et précisions
Bruit intérieur	45.1	Limiter le bruit intérieur (limite de niveau moyen et maximal; disposition des lieux)	<ul style="list-style-type: none"> Fixer une limite de niveau de bruit moyen et maximal; La disposition des lieux a une influence sur la propagation du bruit et sur l'exposition des participants ou spectateurs.
	45.2	Affichage continu du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> Cette information permettrait au public d'adapter son temps d'exposition selon les niveaux sonores reçus.
	45.3	Aménager une zone de récupération auditive où le niveau sonore est inférieur à 85 dB	<ul style="list-style-type: none"> Pour limiter la perte d'audition.
	45.4	Fournir des protecteurs auditifs	
	45.5	Exiger une insonorisation adéquate pour limiter le bruit de l'intérieur vers l'extérieur	
Bruit extérieur	45.6	Modéliser la propagation sonore (étude acoustique)	
	45.7	Choisir des sites adaptés	
	45.8	Maintenir des distances séparatrices	
	45.9	Pour les spectacles extérieurs, installer un système de sonorisation à la fois optimal sur le site et limitant la propagation hors du site	<ul style="list-style-type: none"> Orientation des enceintes acoustiques, tours de délai, etc.
	45.10	Gérer en temps réel les niveaux sonores pour les spectacles extérieurs	<ul style="list-style-type: none"> Exercer une surveillance du bruit pendant les spectacles; Tenir compte des conditions météo (p. ex., direction du vent).
	45.11	Établir des contraintes d'utilisation selon la période de la journée (la nuit)	<ul style="list-style-type: none"> Principalement pour respecter la période de repos des riverains d'un site, pendant la nuit (p. ex., 23 h).
	45.12	Réaliser un suivi acoustique	
	45.13	Établir des limites de bruit pour les spectacles extérieurs avec un suivi acoustique	<ul style="list-style-type: none"> Par exemple, cette mesure a été utilisée par l'arrondissement Ville-Marie, à Montréal.

Mesure 46 – Livraisons silencieuses

La livraison silencieuse est une pratique novatrice mise en place pour permettre la livraison à plus faible bruit au moyen de véhicules, d'équipements et de matériaux adaptés. Le niveau de bruit émis par cette activité doit demeurer inférieur à 60 dBA (selon la certification PIEK^{III}). Cette limite permet de réduire le bruit émergent. En plus de son effet sur le bruit, cette mesure permet d'effectuer des livraisons en soirée et pendant la nuit (en dehors des heures de pointe) et limite les gaz à effet de serre en évitant la congestion.

^{III} Développée aux Pays-Bas pour les livraisons silencieuses. La certification permet de distinguer les véhicules qui respectent le seuil de 60 dBA.

Parmi les pratiques permettant la livraison silencieuse, il y a :

- l'utilisation de véhicules de livraison adaptés (véhicules et équipements de chargement-déchargement plus silencieux, etc.);
- des aménagements spécifiques de la voirie (p. ex., l'abaissement des trottoirs);
- des aménagements spécifiques aux points de livraison (modification des revêtements de sol, ouverture et fermeture des portes, etc.).

Certains guides sont disponibles pour aider à la mise en place d'une telle mesure, comme les publications du UK Department for Transport (2014 et 2015), de Hayes *et al.* (2007), Finlay (2008) ainsi que du Mayor of London (2015), qui peuvent être repérées dans les *Références complémentaires*.



Livraison silencieuse – En France, en 2012, une chaîne de magasins a remporté le prix Décibel d'Or dans la catégorie « Ville et transport » par l'application de la mesure de livraison silencieuse sur 130 camions de sa flotte de véhicules de livraison qui dessert 300 magasins répartis dans les grandes agglomérations.

- **Limite** : La mise en place d'une telle mesure nécessite la sensibilisation et la coopération de divers partenaires externes (fabricants d'équipements et transformation de véhicules de livraison, commerçants, formation du personnel, communication, etc.) ainsi que des modifications à la réglementation.

Mesure 47 – Limiter le bruit pour des bâtiments sensibles

Les écoles, les hôpitaux, les résidences pour personnes âgées et les garderies (ou CPE) sont tous des bâtiments considérés comme sensibles, puisqu'ils regroupent des populations vulnérables. Les mesures touchant les garderies ont été abordées à la mesure 18.

Écoles

La localisation des bâtiments scolaires et la gestion de la circulation avec des mesures visant à limiter le bruit (mesures 4 à 12), par exemple celui des véhicules lourds, sont des éléments-clés pour protéger le niveau sonore à l'intérieur des écoles. Le niveau de bruit intérieur est affecté par le bruit extérieur et a une incidence sur l'apprentissage des élèves (voir Effets sur la santé psychosociale : effets cognitifs).

L'intégration de ces constructions à des parcs ou à proximité de parcs (voir photo 27) demeure une mesure qui permet d'avoir une zone séparatrice. De plus, en s'assurant d'intégrer des végétaux de manière optimisée (voir mesure 16), cela contribuera davantage à un environnement sonore plus sain, mais aussi comme éléments de lutte contre la pollution de l'air et les changements climatiques.

Photo 27

Exemple d'une distance séparatrice insuffisante à proximité d'une autoroute pour des écoles et un parc



Source : Google, Aéro Photo inc., Communauté métropolitaine de Québec, DigitalGlobe, 2017.

Hôpitaux

Les hôpitaux sont maintenant souvent enchâssés dans la trame urbaine et ont été dépouillés de leur zone tampon. Pour les édifices en place, la gestion de la circulation près de ces édifices, notamment en limitant les vitesses et la circulation de poids lourds (voir mesures 7 à 10), restent des mesures qui permettent d'assurer la tranquillité nécessaire au repos et au rétablissement des personnes hospitalisées. Dans le cas de constructions neuves ou d'agrandissements, les mesures d'autoprotection des bâtiments devraient être intégrées (voir mesure 18).

Résidences pour personnes âgées

Il convient d'implanter ces édifices dans des zones peu affectées par le bruit des transports et d'éviter les terrains riverains des grands axes routiers ou de zones commerciales à fort achalandage. Ce type de bâtiments devrait aussi appliquer des mesures d'autoprotection contre le bruit (voir mesure 18). Les ouvertures et balcons nécessitent aussi une protection contre le bruit de la circulation.

6.7.2 ZONES CALMES

Mesure 48 – Développer et protéger des zones calmes ou à plus faible bruit

Les zones à plus faible bruit contribuent positivement à la santé et à la qualité de vie de la population. Par conséquent, elles auraient avantage à être protégées, mais aussi développées. Elles peuvent être intégrées à d'autres mesures pour lutter contre la pollution de l'air, les îlots de chaleur et faciliter la gestion des eaux de surface. Cette mesure peut concerner les petits et les grands espaces, de même que les aires de conservation. Les milieux fortement affectés par le bruit pourraient bénéficier particulièrement du maintien ou de l'intégration de tels espaces. Les niveaux sonores de ces espaces sont moindres que le bruit ambiant d'un secteur ou permettent d'entendre les bruits naturels (aires de conservation, parcs, etc.). En milieu urbain, pour maximiser leur impact sur la qualité de vie, ces espaces devraient permettre un niveau de bruit d'au moins 5 dBA sous le bruit ambiant du secteur.

La définition de ces zones ne repose pas seulement sur des données acoustiques, mais fait aussi appel à la perception du bruit. Par exemple, la présence de bruit de sources naturelles, qui est souvent perçue comme étant plus acceptable, peut être bénéfique (voir photo 28). D'ailleurs, plusieurs critères d'évaluation peuvent être combinés pour obtenir des zones calmes adaptées à chaque milieu et ayant diverses fonctions allant au-delà du faible niveau de bruit (voir tableau C-24 de l'avis sur le bruit environnemental de l'INSPQ (3)). Le bruit n'est donc qu'une des composantes de ces lieux, dont les bénéfices sont aussi influencés par d'autres facteurs (p. ex., la végétation, la disposition des lieux, les aires de jeux, l'accessibilité, la sécurité, etc.).

- ➔ **Limite** : Selon leur emplacement, certains sites peuvent exiger une surveillance policière pendant la nuit afin d'assurer la tranquillité du voisinage.

Photo 28 Exemple d'un petit parc urbain



Le niveau de bruit du Paley Park, dans la ville de New York, en matinée et en fin d'après-midi, est d'environ 70 dBA, tandis qu'en fin de matinée et en début d'après-midi, il est d'environ 66 dBA. Ce parc a la particularité d'inclure un mur avec une chute d'eau. C'est un bon exemple de l'utilisation d'une source de bruit « naturel » pour masquer le bruit environnant. Pour d'autres vues du parc, visiter le site de New York Architecture : <http://www.nyc-architecture.com/MID/MID141.htm>. Crédit photo : Lou Giansante. Source: New York Beyond Sight – Art Education for the Blind: <http://www.nybeyondsight.org/paley-park.shtml>

7 Conclusion

Considérant les risques d'atteinte à la santé et à la qualité de vie, et la place grandissante qu'il occupe, le bruit environnemental est un véritable problème de santé publique que l'on ne peut plus passer sous silence. L'aménagement du territoire est l'un des outils incontournables pour prévenir ou corriger certaines situations où le bruit est un enjeu.

Ce guide, à l'intention des municipalités, des MRC et des promoteurs, propose une panoplie de mesures qui peuvent s'avérer utiles dans la gestion du bruit et la prévention de ses effets. Les meilleures pratiques ainsi regroupées dans un même document permettent à son utilisateur de tenir compte de son contexte et des objectifs qu'il poursuit en matière de réduction du bruit. Il sera notamment utile pour atténuer des problèmes existants, mais aussi pour offrir des choix lors de l'élaboration des schémas d'aménagement, des plans ou des règlements d'urbanisme, que ce soit dans le cadre d'expansion urbaine ou de densification de l'occupation du territoire ou pour la préservation de milieux calmes. De plus, une plus grande considération du bruit permettra de limiter les pertes de valeurs des propriétés et, conséquemment, des revenus de la taxe foncière, liées à un polluant qu'il est possible de mieux contrôler.

8 Références

Références bibliographiques

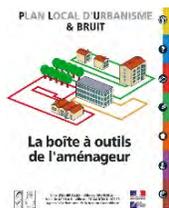
1. Berglund B, Maschke C. Bruit et santé. Copenhague : Organisation mondiale de la Santé; 2000. (Local authorities, health and environment briefing pamphlet series : 35).
2. Berglund B., Lindwall T., Schwela D.H. Guidelines for Community Noise [En ligne]. Geneva : Organisation mondiale de la Santé; 1999. Disponible: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
3. Martin R, Deshaies P, Poulin M. Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains [En ligne]. Institut national de santé publique du Québec; 2015. Disponible: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2048_politique_lutte_bruit_environnemental.pdf
4. Wolfert H. Noise in cities: general approach and European network solutions. Dans: European strategies for noise reductions and noise management in cities [En ligne]. Florence : Working Group Noise EUROCITIES; 2009. Disponible: <http://www.scribd.com/doc/12443330/Paper-congres-European-strategiesfor-noise-reductions-and-noise-management-in-cities-Florence-2009>
5. Organisation mondiale de la Santé. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe [En ligne]. Copenhague : Organisation mondiale de la Santé; 2011. Disponible: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/
6. Ministère de la Santé et des Services sociaux. Programme national de santé publique 2015-2025: pour améliorer la santé de la population [En ligne]. Québec : Ministère de la Santé et des Services sociaux; 2015. Disponible: <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2015/15-216-01W.pdf>
7. Miedema HME. Annoyance Caused by Environmental Noise: Elements for Evidence-Based Noise Policies. J Soc Issues. 2007;63(1):41-57.
8. Conseil national du bruit et Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Analyse bibliographique des travaux français et européens : le coût social des pollutions sonores [En ligne]. Paris : CNB et ADEME; 2016. Disponible: http://www.bruit.fr/images/stories/pdf/ADEME%20CNB_Cout_social_des_pollutions_sonores_Rapport_2016_05_04.pdf
9. Ministère des Transports du Québec. Mieux s'entendre avec le bruit routier. Ministère des Transports du Québec; 2000.
10. Brüel et Kjaer. Bruit de l'environnement [En ligne]. Naerum, Danemark : Brüel et Kjør Sound et Vibration Measurement; 2000. Disponible: <https://www.bksv.com/media/doc/br1627.pdf>
11. Premat E. Chapitre 1: La problématique de l'acoustique environnementale. Dans: Prise en compte d'effets météorologiques dans une méthode d'éléments finis de frontière. Institut des sciences appliquées de Lyon; 2000.

12. Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec. Agir pour réduire les répercussions du bruit sur la santé et sur la qualité de vie de la population : adopter une approche de développement durable au regard du loisir motorisé. Mémoire de l'OOAQ présenté à la ministre déléguée aux transports dans le cadre de la consultation publique sur les véhicules hors route. Montréal : Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec; 2005.
13. Société canadienne d'hypothèques et de logement. Le bruit du trafic routier et ferroviaire: ses effets sur l'habitation. 2e éd. [En ligne]. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement; 1981. Disponible: http://publications.gc.ca/collections/collection_2017/schl-cmhc/NH15-27-1981-fra.pdf
14. Esmenjaud M, Poirot V, Bach J-P, Issartel J, Jacques F, Leloir J, *et al.* Plan local d'urbanisme & bruit : la boîte à outils de l'aménageur [En ligne]. Grenoble : DDE de l'Isère. Disponible : <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/plu06.pdf>
15. Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. Aménager à proximité des sites miniers. Document d'accompagnement pour assurer une cohabitation harmonieuse de l'activité minière avec les autres utilisations du territoire [En ligne]. Québec : Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire; 2016. Disponible: http://www.mamrot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/amenager_proximite_site_minier.pdf
16. Ministère des Transports du Québec. Politique sur le bruit routier au Québec [En ligne]. Ministère des Transports du Québec; 1998. Disponible: https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/Documents/politique_bruit.pdf
17. Ministère des Transports du Québec. Combattre le bruit de la circulation routière - Techniques d'aménagement et interventions municipales. 2e éd. Les Publications du Québec; 1996.
18. Fontaine N. La rue complète, l'accessibilité universelle qui fait du chemin. Document de veille [En ligne]. Québec : Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire; 2012. Disponible: http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/veille/rues_completes.pdf
19. Kloth M, Vancluysen K, Clement F, Ellebjerg L. Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans : recommendations from the SILENCE project [En ligne]. European Commission, DG Research; 2008. Disponible: <http://www.noiseineu.eu/fr/3527-a/homeindex/file?objectid=3161&objectypeid=0>
20. Benayoun D, Cousin RP. Road Tolls and Road Pricing: Innovative Methods to Charge for the Use of Road Systems. Dans: Séminaires 2007-Financement des routes et investissements routiers, Arusha (Tanzanie) [En ligne]. 2007. Disponible: <https://www.piarc.org/ressources/documents/1056.Daphne-Benayoun.pdf>
21. Ellebjerg L. The role of traffic flow and traffic calming measures. Results of SILENCE WP H1, Danish Road Institute. Dans: SILENCE: Training Workshop. Warsaw; 2007.
22. Ellebjerg L, (ed.), Annecke R, Berge T, Crawshaw S, Mårdh S, *et al.* Noise Reduction in Urban Areas from Traffic and Driver Management : A toolkit for city authorities. SILENCE WP H.1 Methods for Noise Control by Traffic Management, Final [En ligne]. Copenhague : Danish Road Institute/Road Directorate; 2008. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Selina_Mardh/publication/265108157_Noise_Reduction_in_Urban_Areas_from_Traffic_and_Driver_Management/links/56c72bcb08ae408dfe52d1ac.pdf?origin=publication_list

23. Thibier E, Cattenoz D, Larive J. Guide pour l'élaboration des plans de prévention du bruit dans l'environnement à destination des collectivités locales. Angers : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire; 2008.
24. Bendtsen H, Haberl J, Litzka J, Pucher E, Sandberg U, Watts G. Traffic Management and Noise Reducing Pavements: Recommendations on Additional Noise Reducing Measures. (Report 137). Roskilde : Danish Road Institute/Road Directorate; 2004.
25. Bonacker, M, Heinrichs, E, Schwedler, H-U. Umgebungslärm, Aktionsplanung und Öffentlichkeitsbeteiligung. Silent City. Berlin : Office fédéral de l'environnement; 2008.
26. Ministère des Transports du Québec. Info DST. Fiche d'information technique. Modération de la circulation. Dos d'âne allongés et coussins [En ligne]. 2011. Disponible: <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/securite-signalisation/securite/moderation-vitesse/Documents/dos-dane-allonges-coussins.pdf>
27. Tremblay É, Navert P, Blackburn M, Dufort J, Drapeau J-B, Noisel N, *et al.* Health impact assessment of the TOD neighbourhood in Sainte-Catherine. Report on potential impacts and recommendations [En ligne]. Montréal : National Collaborating Centre for Healthy Public Policy; 2014. Disponible : http://ncchpp.ca/docs/2014_EnvBati_BuiltEnv_CLASP_HIA_SteCatherine_EN_Gabarit_Light.pdf
28. Ministère des Transports du Québec. Chapitre 7 : Écrans antibruit. Dans : Normes sur les ouvrages routiers - Tome IV - Construction routière. Montréal : Ministère des Transports du Québec; 2012.
29. Bendtsen H., Hasz-Singh H., Kirkeby W., Gretarsson B., *et al.* Gestion et réduction du bruit (avril 2010) [En ligne]. secrétariat général de la CEDR, rédacteur. Paris-La Défense : Conférence européenne des directeurs de routes (CEDR); 2010. Disponible: <http://www.cedr.eu/download/Publications/2010/f%20Gestion%20du%20bruit.pdf>
30. Beckenbauer T. Traffic noise – Munich hot spots tour. Dans: Technical Committee TCE 2: Environment Considerations in Road Projects and Operations Meeting #3, 22 to 24 May 2017. Munich : World Road Association Mondiale de la Route; 2017.
31. Zetterquist M. Novel solutions for quieter and greener cities [En ligne]. Bandhagen, Sweden : European Union Seventh Framework Programme; 2013. Disponible: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local_208780.pdf
32. EC Working Group 5: Noise Abatement, Paikkala S-L, Talasch W, Kihlman T, Nikitara I, *et al.* Inventory of noise mitigation methods [En ligne]. The European Commission (EC), Directorate-General: Environment; 2002. Disponible: https://www.hoevelakenbereikbaar.nl/www2/MilieuZaken/geluid_en_geluidsschermen/Noise%20mitigation%20methods.pdf
33. Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports. Critères de sélection des enrobés - Enrobés formulés selon la méthode du Laboratoire des chaussées (MTQ 4202) [En ligne]. Québec : Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports; 2012. Disponible: https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/chaussees/Documents/CriteresSelectionEnrobes_2012.pdf

34. J.E. Coulter associates Limited. Lignes directrices applicables aux nouveaux aménagements à proximité des activités ferroviaires [En ligne]. Ottawa : Préparé pour l'Association canadienne des chemins de fer du Canada et la Fédération canadienne des municipalités; 2013. Disponible: https://www.railcan.ca/wp-content/uploads/2017/03/2013_05_27_Guidelines_NewDevelopment_F.pdf
35. Transports Canada. Emploi du sifflet des trains aux passages à niveau publics [En ligne]. Ottawa : Transports Canada; 2015. Disponible: https://www.tc.gc.ca/media/documents/securiteferroviaire/sifflet_aux_passages_niveau_.pdf
36. Réseau ferré de France. Plan de prévention du bruit dans l'environnement du département de la Sarthe [En ligne]. Réseau ferré de France; 2013. Disponible: http://www.sarthe.gouv.fr/IMG/pdf/Annexe_RFF_cle7dedec.pdf
37. Conseil d'agglomération de Montréal. Chapitre 3 - L'affectation du sol et la densité d'occupation - Section 3.1 : Les grandes affectations du territoire. Dans: Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal [En ligne]. Ville de Montréal; 2015. Disponible: http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/PROJ_URBAINS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/SCHEMA20150401_CHAP3_3.1.PDF
38. Transports Canada. Aviation - Utilisation des terrains au voisinage des aéroports (TP 1247), 9e éd. [En ligne]. Transports Canada; 2013. Disponible: <http://www.tc.gc.ca/media/documents/ac-publications/tp1247f.pdf>
39. Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports. Chapitre 9 : Mesures d'atténuation environnementales temporaires. Section 9.9 : Protection du milieu sonore. Dans : Normes sur les ouvrages routiers - Tome II - Construction routière. Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports; 2017.
40. Ministère des Transports du Québec. Devis [spécial] : [gestion du bruit] [En ligne]. Ministère des Transports du Québec; 2009. Disponible: <https://www.transports.gouv.qc.ca/layouts/15/pages/mtq/msp/Telecharger.aspx?SourceUrl=/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/contrats/Documents/devis-types/Gestion-bruit.doc>
41. Lafontaine K, Dugré I, Lessard L. Le bruit dans la construction. Guide de prévention. [En ligne]. Montréal : Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction; 2016. Disponible: <http://www.asp-construction.org/publications/publication/di/le-bruit-dans-la-construction-2016>

Références essentielles



Esmenjaud M, Poirot V, Bach J-P, Issartel J, Jacques F, Leloir J, *et al.* Plan local d'urbanisme & bruit : la boîte à outils de l'aménageur [En ligne]. Grenoble : DDE de l'Isère. Disponible : <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/plu06.pdf>



Ministère des Transports du Québec. Combattre le bruit de la circulation routière : techniques d'aménagement et interventions municipales. 2^e éd. Les Publications du Québec; 1996.



Kloth M, Vancluysen K, Clement F, Ellebjerg L. Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans : recommendations from the SILENCE project [En ligne]. European Commission, DG Research; 2008. Disponible : <http://www.noiseineu.eu/fr/3527-a/homeindex/file?objectid=3161&objectypeid=0>

Références complémentaires

Arrondissement Le Plateau-Mont-Royal. Conseils aux exploitants pour éviter les problèmes de bruit [En ligne]. Arrondissement Le Plateau-Mont-Royal; 2012. (affiche). Disponible : http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/arrond_pmr_fr/media/documents/carton-bruit-modif_2016.pdf

Arrondissement Le Plateau-Mont-Royal. Guide pour la bonne gestion du bruit généré par les bars, salles de spectacles et restaurants [En ligne]. Arrondissement Le Plateau-Mont-Royal; 2012. Disponible : http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/arrond_pmr_fr/media/documents/guide_pour_la_bonne_gestion_du_bruit.pdf

Bendtsen H. Highway Noise Abatement. Planning tools and Danish examples [En ligne]. Copenhagen : Danish Road Institute, Road Directorate; 2009. Disponible : http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/Lists/Publikationer/Attachments/58/Highway%20noise%20abatement%20-%20planning%20tools%20and%20Danish%20examples%20report%20173.pdf

Bradley JS. Sound Insulating Homes Against Aircraft Noise (NRCC-46396) [En ligne]. Ottawa : Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada; 1998. Disponible : <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/fra/voir/texteintegral/?id=005ee3e2-8073-4473-ba5f-13afc877f67d>

Bradley JS, Lay K, Norcross SG. Measurements of the Sound Insulation of a Wood Frame House Exposed to Aircraft Noise (IRC IR-831) [En ligne]. Ottawa : National Research Council Canada; 2001. Disponible : <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/eng/view/fulltext/?id=0457f1a7-6c4b-49f2-b14f-fa8f822a4568>

- Cureau P, Dickx H, Dupuy Maury F, Huet S, Nave L, Papineau A, *et al.* Mieux vivre au centre-ville : Comment lutter contre le bruit? À chaque bruit sa solution [En ligne]. Rueil Malmaison : Chambre de commerce et d'industrie de Paris Hauts-de-Seine; 2009. Disponible : <https://www.bruitparif.fr/pages/Thematiques/400%20Bruits%20dits%20de%20voisinage/400%20Autres%20ressources/2009-03-01%20-%20Guide%20Comment%20lutter%20contre%20le%20bruit%20-%20A%20chaque%20bruit%20sa%20solution%20-%20Rueil-Malmaison.pdf>
- Dagenais D, Froment J, Roberge Y, Koudachkina I. Conception d'un écran antibruit végétal adapté aux normes du ministère des Transports du Québec. Documentation et critères de conception : volet portant sur le végétal et l'esthétisme [En ligne]. Université de Montréal; 2007. Disponible : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0967852.pdf>
- de Boissieu E, Roche S., Surville T., Charbonnier S., Dudognon Y., *et al.* Guide : l'acoustique du bâtiment // Les solutions [En ligne]. Courbevoie : Isover Saint Gobain; 2016. Disponible : http://www.isover.fr/var/isover/storage/synchronisation/doc/isover/ficheP/MDG_guideAcoustique.pdf
- Direction générale de l'Aviation civile. Insonorisation des logements proches des aéroports. Points de repères techniques [En ligne]. Bonneuil-sur-Marne : Direction générale de l'Aviation civile; 2006. Disponible : <https://fr.calameo.com/read/00068726120fc2ae3f328?authid=t4ryzqhs1A5N&fichier=/publications/documents/guideinsono.pdf>
- Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales. Lutte contre le bruit : le maire un acteur incontournable. Guide à l'usage du maire – Rappel de la réglementation et fiches pratiques [En ligne]. Laon, Beauvais, Amiens : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) et des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de l'Aisne, de l'Oise et de la Somme; 2006. Disponible : <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid06.pdf>
- Environment Protection Agency . Noise Guide for Local Government. Part 3. Noise Management principes. [En ligne]. Sydney, Australia : Environment Protection Agency, New South Wales; 2013. Disponible : <http://www.epa.nsw.gov.au/resources/noise/130127NGLGPart3.pdf>
- European Environment Agency. Good practice guide on quiet areas (EEA Technical Report No. 4/2014) [En ligne]. Luxembourg : Publications Office of the European Union; 2014. Disponible : http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas/at_download/file
- Finlay H. Noise Abatement and Night Deliveries (Masters dissertation) [En ligne]. Dublin Institute of Technology; 2008. Disponible : <http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1032&context=engmas>
- Gagnon F. Une limite de vitesse de 30 km/h sur les rues locales [En ligne]. Montréal : Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé; 2014. Disponible : http://www.ccnpps.ca/docs/2014_EnvBati_Zone30KmH_Fr.pdf
- Hayes S, Finlay H, Garcia Ramon J, Eichhorn C. Innovative Approaches in City Logistics : Inner-city Night Delivery [En ligne]. NICHEs; 2007. Disponible : http://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/14683_pn7_night_delivery_ok_1ow.pdf
- International Organization for Standardization. ISO/TS 15666 : 2003. Acoustique – Évaluation de la gêne causée par le bruit au moyen d'enquêtes sociales et d'enquêtes socio-acoustiques. Genève : International Organization for Standardization; 2003.

- Joly A, Marcil D. Guide d'aménagement et d'entretien des sentiers de motoneige au Québec [En ligne]. Beloeil, Nature-Action Québec : Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, Fondation de la faune du Québec, Fédération des clubs de motoneigistes du Québec; 2011. Disponible : http://fcmq.qc.ca/files/3714/7007/3536/FCMQ_guide-amenagement-entretien_VF.pdf
- Kihlman T, Kropp W, Lang W, International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences, CAETS. Quieter cities in the future. Lessening the Severe Health Effects of Traffic Noise in Cities by Emission Reductions. Source book [En ligne]. Göteborg (SWE): Chalmers University of Technology; 2014. Disponible : http://www.mynewsdesk.com/material/document/37184/download?resource_type=resource_document
- Mayor of London. Transport for London's Code of Practice for quieter deliveries [En ligne]. Mayor of London; 2015. Disponible : <http://content.tfl.gov.uk/code-of-practice-pdf.pdf>
- Ministère de la Santé et des Sports et CIDB. Bruits de voisinage – Guide du maire [En ligne]. Paris : Centre d'information et de documentation sur le bruit; 2009. Disponible : http://www.bruit.fr/images/stories/pdf/guide_maire_bruits_voisinage.pdf
- Ministère des Transports du Québec. Table québécoise de la sécurité routière. Gestion de la vitesse sur le réseau routier municipal en milieu urbain – Guide à l'intention des municipalités [En ligne]. Ministère des Transports du Québec; 2015. Disponible : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/securite-signalisation/securite/moderation-vitesse/Documents/A6898_guide_vitesse_EPAC_web.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige [En ligne]. Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques; 2003. Disponible : <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs43030>
- Nélisse H. Les alarmes de recul : comment les différencier ? [vidéo ; 2 :05 min.]. Montréal : Institut de recherche en santé et en sécurité du travail. Disponible : <http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/video/i/100231/n/alarme-recul-large-bande>
- Robinson-Chouinard B, Tremblay B, Brown D, Lafleur P, Thibault A. Guide d'aménagement et de gestion : parcs de planche à roulettes [En ligne]. Trois-Rivières : Presses de l'Université du Québec. Association québécoise du loisir municipal; 2005. Disponible : http://www.loisirmunicipal.qc.ca/userfiles/file/Guide_parcs_planche_roulettes.pdf
- UK Department for Transport. Guidance – Quiet deliveries: good practice, principles and processes [En ligne]. 2015. Disponible : <https://www.gov.uk/government/publications/quiet-deliveries-demonstration-scheme>
- UK Department for Transport. Quiet Deliveries Good Practice Guidance – Key Principles and Processes for Construction Logistics [En ligne]. London; 2014. Disponible : https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/306850/construction.pdf
- Zetterquist M. Novel solutions for quieter and greener cities [En ligne]. Bandhagen, Sweden: European Union Seventh Framework Programme; 2013. Disponible : <http://www.noiseineu.eu/fr/3353-a/homeindex/file?objectid=3067&objectypeid=0>

Centre d'expertise
et de référence

www.inspq.qc.ca