



ÉTS

Le génie pour l'industrie

GESTION ET PLANIFICATION

DES ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES EXTÉRIEURES RECONNUES BRUYANTES

GUIDE À L'INTENTION
DES MUNICIPALITÉS

Credits photos: Marton Juarez sur Unsplash

Québec 

AUTEURS

Thomas Padois, associé de recherche
École de technologie supérieure

Maxime Perna, assistant de recherche
École de technologie supérieure

Olivier Doutres, professeur
École de technologie supérieure

Thomas Dupont, professeur
École de technologie supérieure

RÉVISIONS

Mathieu Gauthier, conseiller scientifique
Institut national de santé publique du Québec

Richard Martin, conseiller scientifique
Institut national de santé publique du Québec

Marianne Berrouard, conseillère en santé environnementale
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Lucie Laflamme, conseillère en santé environnementale
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Bernard Hétu
Ministère des Transports du Québec

Michel Ducharme, Julien Hotton et Vasilica Mereuta
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Louise Lajoie
Services de Santé et Services sociaux

RÉVISION LINGUISTIQUE

Féminin pluriel

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	6
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	8
LÉGENDE.....	8
INTRODUCTION	9
NOMENCLATURE	10
1 SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS.....	11
1.1 Bonnes pratiques	11
1.2 Musiques et sons amplifiés	11
1.3 Courses de véhicules motorisés	13
1.4 Feux d'artifice	14
1.5 Champs de tir.....	15
2 EFFETS DU BRUIT SUR LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE.....	16
2.1 Participants	16
2.2 Résidents.....	16
2.3 Recommandations de l'OMS	17
3 GESTION D'UNE ACTIVITÉ RÉCRÉATIVE : BONNES PRATIQUES.....	18
3.1 Planification des activités et des événements	18
3.2 Plan de gestion du bruit.....	19
3.3 Protection de l'audition des participants	20

3.4	Gestion des plaintes et communication.....	22
3.5	Urbanisme	23
3.6	Étude acoustique et enquête pour la protection des endroits sensibles.....	24
3.7	Actions après l'événement	24
4	MUSIQUES ET SONS AMPLIFIÉS	25
4.1	Valeurs limites	25
4.1.1	Participants.....	25
4.1.2	Résidents.....	25
4.2	Surveillance des niveaux sonores.....	26
4.2.1	Participants.....	26
4.2.2	Résidents.....	27
4.3	Solutions de réduction du bruit	28
4.3.1	Actions sur la source de bruit	28
4.3.2	Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles	30
4.3.3	Protection de l'audition des participants	30
5	CIRCUITS DE COURSE POUR VÉHICULES MOTORISÉS	31
5.1	Valeurs limites et planification des événements.....	31
5.2	Surveillance et contrôle des niveaux sonores des véhicules	32
5.3	Solutions de réduction du bruit	32
5.3.1	Actions sur la source de bruit	32
5.3.2	Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles	33
5.3.3	Protection de l'audition des participants	33
6	FEUX D'ARTIFICE.....	35
6.1	Valeurs limites	35
6.2	Surveillance des niveaux sonores.....	35
6.3	Solutions de réduction du bruit	35
6.3.1	Actions sur la source de bruit	36
6.3.2	Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles	36
6.3.3	Protection de l'audition des spectateurs.....	36
7	CHAMPS DE TIR	37

7.1	Valeurs limites	37
7.1.1	Participants	37
7.1.2	Résidents.....	37
7.2	Surveillance des niveaux sonores	38
7.3	Solutions de réduction du bruit	38
7.3.1	Actions sur la source de bruit	38
7.3.2	Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles	38
7.3.3	Protection de l'audition des participants	39
8	CONCLUSION	40
9	ANNEXE	41
9.1	Définition du niveau sonore	41
9.2	Échelles des niveaux sonores en dBA.....	41
9.3	Caractéristiques spectrale et temporelle d'un bruit	42
9.4	Propagation du bruit dans l'environnement.....	42
9.5	Indicateurs acoustiques et pondérations fréquentielles.....	43
9.6	Mesure du bruit.....	44
9.6.1	Général	44
9.6.2	Méthode statique pour les circuits de course de véhicules motorisés	45
9.6.3	Méthode dynamique pour les circuits de course de véhicules motorisés	46
9.7	Étude acoustique et enquête pour la protection des endroits sensibles.....	46
9.7.1	Étude acoustique	46
9.7.2	Enquête de dérangement	49
9.8	Solutions prometteuses à surveiller.....	49
9.8.1	Réduction de bruit par contrôle actif.....	49
9.8.2	Mesures des niveaux sonores par téléphones intelligents.....	50
	RÉFÉRENCES	51

Remerciements

L'ensemble de l'équipe tient à remercier grandement Mathieu Gauthier et Richard Martin, de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), Marianne Berrouard et Lucie Laflamme, du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), Bernard Hétu, du ministère des Transports du Québec (MTQ), Michel Ducharme, Julien Hotton et Vasilica Mereuta, du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), et Louise Lajoie, des Services de Santé et Services sociaux (SSSS), pour leur suivi, leur apport, leurs conseils et leur soutien. Les auteurs de ce guide remercient l'équipe de Catherine Guastavino, de l'Université McGill, Edda Bild, Romain Dumoulin et Christopher Trudeau, ainsi que Diane Girard, Prasun Lala et Félix Langevin-Harnois, du service de la bibliothèque de l'ÉTS. Les auteurs remercient Déborah Delaunay et Vivre en Ville, pour leur aide dans les consultations. L'équipe tient aussi à remercier tous les consultants en acoustique, les municipalités et les promoteurs, qui ont répondu aux consultations ou ont participé à la relecture de ce guide.

Liste des tableaux

Tableau 1 – Valeurs limites pour protéger l’audition des participants, applicables à tout endroit pouvant accueillir des spectateurs	25
Tableau 2 – Valeurs limites pour réduire le dérangement des résidents	26
Tableau 3 – Valeurs limites en fonction du type d’activité et de véhicule	31
Tableau 4 – Valeurs limites d’exposition aux bruits impulsionnels pour les participants sans PAI	35
Tableau 5 – Valeurs à ne jamais dépasser et recommandées par l’OMS [12] pour les feux d’artifice	35
Tableau 6 – Valeurs limites d’exposition aux bruits impulsionnels sans PAI	37
Tableau 7 – Valeurs limites données par la note 98-01 [72]	37
Tableau 8 - Échelle des niveaux sonores et réactions humaines (source : INSPQ [89])	41

Liste des figures

Figure 1 – Pictogramme indiquant le niveau sonore permis [45]	21
Figure 2 – Capture d’écran tirée de la campagne de sensibilisation de Santé publique France [68]	21
Figure 3 - Images tirées du rapport [74] (source : Ouest France, 2009	21
Figure 4 – Mise à disposition des PAI pendant un événement (source : Bassnectar, sur Twitter)	22
Figure 5 – Système de diffusion de type <i>line-array</i>	29
Figure 6 – Description des mesures pour la méthode statique	45
Figure 7 - Points de mesure de la norme ISO 362-1:2015	46
Figure 8 – Modèle de prédiction du bruit généré par arme à feu obtenu par méthode expérimentale [3]	47
Figure 9 – Propagation numérique du bruit de la source équivalente dans l’environnement [63]	48
Figure 10 – Cartographie du bruit lors d’un événement musical extérieur [64]	48
Figure 11 - Modèle numérique de propagation sonore du bruit généré par un champ de tir [3].	49
Figure 12 – Déploiement d’endroits sonores pour les événements musicaux extérieurs par contrôle actif [103]	49
Figure 13 - Comparaison entre des téléphones intelligents munis d’un microphone externe et un sonomètre de <i>Classe II</i> en chambre réverbérante.	50

Liste des sigles et acronymes

ISO :	Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization)
INSPQ :	Institut national de santé publique du Québec
MRC :	Municipalité régionale de comté
OMS :	Organisation mondiale de la santé
PAI :	Protecteur auditif individuel
NIOSH :	National Institute for Occupational Safety and Health

Légende

Les actions recommandées sont présentées par le symbole « ■ » suivi d'un verbe à l'infinitif. Le symbole « □ » est quant à lui utilisé pour les informations complémentaires. Ces actions peuvent être suivies des légendes suivantes, représentant un complément d'information ou un exemple :



Complément d'information ou exemple

➔ **Remarque** : Les exemples s'appuient sur des documents nationaux ou internationaux comme des articles scientifiques, des conférences, des rapports, des réglementations ou des recommandations. Ils permettent au lecteur d'obtenir plus de détails sur les actions recommandées et de juger de l'applicabilité de ces actions.



Attention !

Les recommandations présentées dans ce guide sont basées sur des documents qui sont indiqués par des numéros de référence généralement en bas de page. La liste des références correspondant aux numéros se trouve en fin de guide. Le lecteur pourra approfondir les éléments de ce guide avec ces références.

Introduction

En 2015, l'INSPQ [1] a montré que les coûts sociétaux liés au bruit environnemental s'élevaient à 680 M\$ par an. Le bruit provenant des activités récréatives extérieures fait partie du bruit environnemental. Les activités récréatives reconnues bruyantes peuvent nuire à l'audition des spectateurs et peuvent aussi déranger les populations résidant près de ces activités. À long terme, ces nuisances répétées peuvent devenir un problème de santé publique pour ces populations. Ce guide s'adresse aux municipalités, et a pour objectif de recommander des actions quant à la planification des activités récréatives et la gestion du bruit pour limiter l'impact du bruit sur les participants et sur les résidents qui vivent à proximité de ces activités.

Pour ce faire, ce guide :

- Rappelle les effets du bruit sur la santé et les définitions concernant le bruit environnemental;
- Présente et recommande des valeurs limites et des indicateurs applicables au Québec;
- Présente et recommande de bonnes pratiques de planification, de gestion et de réduction du bruit, de sensibilisation et de protection des populations exposées.

Ce guide est organisé autour de quatre familles d'activités récréatives extérieures :

- Musiques et sons amplifiés,
- Circuits de course pour véhicules motorisés,
- Feux d'artifice,
- Champs de tir.

Les recommandations et les valeurs limites proposées pour chaque famille d'activités peuvent s'adapter à d'autres activités récréatives ou à d'autres sources de bruit que celles présentées dans ce guide.

Des fiches de synthèse de recommandations pour chaque famille d'activités sont d'abord présentées au début du guide. Un rappel des effets du bruit sur la santé et sur le bien-être est proposé. Ensuite viennent les éléments de planification des activités et de gestion du bruit communs à l'ensemble des activités, puis des recommandations pour chaque famille d'activités sont proposées de manière indépendante. À l'annexe de ce guide, le lecteur trouvera des renseignements complémentaires concernant le bruit environnemental, sa prédiction et sa mesure. Des pistes encore en expérimentation pour la surveillance et la réduction des niveaux sonores sont abordées. Les concepts acoustiques présentés dans ce guide ont été simplifiés, pour la compréhension du lecteur non initié à ces concepts.

L'élaboration d'un guide comme celui-ci ne sert pas à définir des règles et des valeurs limites fixes, mais plutôt à fournir des informations, et à présenter des lignes directrices qui permettront aux municipalités de concevoir ou d'adapter leurs réglementations à leur contexte. Pour qu'une réglementation soit efficace, elle doit être adaptée aux sources de bruit et aux contextes géographique, culturel, social et économique. Cependant, il est fortement recommandé d'appliquer les valeurs limites destinées à protéger l'audition des participants et d'adapter, si nécessaire, les valeurs recommandées pour les résidents.

Ce guide est financé par la Politique gouvernementale de prévention en santé du gouvernement du Québec. Il s'agit d'un outil public qui s'adresse principalement aux municipalités. Cependant, nous conseillons vivement aux municipalités et aux promoteurs d'activités récréatives de s'associer à des professionnels spécialisés en bruit environnemental (comme les consultants et les opérateurs en acoustique), pour l'adaptation et la mise en place des recommandations proposées.

Nomenclature

Le bruit environnemental correspond à tous les bruits perçus par un individu hors du contexte de son travail. Le bruit environnemental inclut donc le bruit provenant des transports (routier, aérien, ferroviaire, etc.), des industries, de la construction, du voisinage, mais aussi celui des activités récréatives extérieures.

Activités récréatives extérieures	
Niveaux sonores pouvant être facilement ajustés	
Musiques et sons amplifiés	Sites dédiés aux concerts et aux festivals de musique, aux spectacles de danse, de théâtre, de cirque, aux performances humoristiques, aux démonstrations de mode, aux événements sportifs, aux projections cinématographiques
Niveaux sonores ne pouvant pas être facilement ajustés	
Circuits de course pour véhicules motorisés	Sites, circuits et pistes dédiés aux véhicules motorisés (autos, camions, tracteurs, motos, motocross, etc.)
Feux d'artifice	Sites dédiés à l'usage de pièces pyrotechniques
Champs de tir	Sites dédiés à l'usage récréatif d'armes à feu et événements sportifs comme le biathlon pour le tir à la carabine
Fréquence et espacement dans le temps des activités	
Activités et événements réguliers	Activités et événements répétés régulièrement dans l'année et pouvant être espacés de deux semaines ou moins
Activités et événements ponctuels	Activités et événements exceptionnels ou ponctuels dans l'année qui, lorsque deux activités sont successives, sont espacées de plus de deux semaines
Type d'endroit	
Endroit accueillant des activités et des événements réguliers	Endroits prévus et propices à la tenue d'événements accueillant régulièrement des activités
Endroit accueillant des activités et des événements ponctuels	Endroits non prévus ou non propices à la tenue d'événements où des événements peuvent avoir lieu quelques fois dans l'année
Population visée	
Participants, spectateurs ou public	Personnes qui assistent ou qui participent aux activités récréatives, à l'exception de tous les travailleurs associés à ces activités L'objectif des recommandations et des valeurs limites proposées pour les participants est de protéger leur audition.
Résidents	Personnes qui résident à côté de l'endroit où sont situées les activités récréatives L'objectif des recommandations et des valeurs limites proposées est d'améliorer leur environnement sonore, afin de réduire le dérangement et les éventuels problèmes de santé.
Endroits sensibles au bruit	Milieux résidentiels, établissements de santé, d'enseignement, services de garderie
Période de la journée	
Jour	7 h -19 h
Soirée	19 h -23 h
Nuit	23 h -7 h

1 Synthèse des recommandations

1.1 Bonnes pratiques

Planification
(p. 18)

- **Limiter** le nombre d'activités et d'événements par an, si l'endroit n'est pas adapté.
- **Espacer** dans le temps les activités et les événements dans un même endroit d'au moins deux semaines.
- **Définir** les périodes de la semaine, la durée et l'horaire de fin des activités et des événements.
- **Adapter** la programmation des activités et des événements en fonction de l'endroit et de la saison.

Plan de gestion
du bruit
(p. 19)

- **Élaborer** un plan de gestion du bruit, qui comprend ce qui suit.

Gestionnaire de l'endroit :

- Décrire les événements, les sources de bruit et l'aménagement du lieu.
- Appliquer des valeurs limites.
- Planifier les activités et les événements.
- Décrire les méthodes de communication et de gestion des plaintes.
- Réaliser une étude acoustique et une enquête pour la protection des endroits sensibles.
- Décrire les solutions de réduction du bruit.
- Procéder à la surveillance des niveaux sonores.

Promoteur :

- Donner des détails sur les sources de bruit et sur l'aménagement du site.
- Planifier les activités et les événements.

Protection de
l'audition des
participants
(p. 20)

- **Sensibiliser et informer** les participants sur les risques auditifs liés à une exposition sonore importante, en particulier les femmes enceintes, les enfants et les jeunes adultes.
- **Mettre à disposition** gratuitement des PAI à usage unique.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Gestion des
plaintes et
communication
(p. 22)

- **Informer** les résidents du processus de gestion des plaintes.
- **Nommer** une personne responsable de la gestion des plaintes.
- **Communiquer** aux résidents les informations concernant les activités, les personnes-ressources et la procédure de réception des plaintes.
- **Sensibiliser** les populations résidant près de ces activités des possibles désagréments ou problèmes de santé.
- **Inviter** les résidents **et favoriser leur participation** aux activités.

Urbanisme
(p. 23)

- **Éviter ou restreindre** la construction de nouvelles résidences ou d'autres bâtiments sensibles au bruit à proximité d'**activités régulières**.
- **Prendre en compte** les sources de bruit dans la conception des résidences et des autres bâtiments sensibles à proximité d'**activités régulières**.

Étude acoustique
et enquête
(p. 24)

- **Réaliser ou commander** des études acoustiques.
 - Estimer l'impact du bruit sur les zones sensibles.
 - Définir des valeurs limites applicables et réalistes.
 - Prédire la propagation du bruit en fonction des conditions météorologiques.
 - Concevoir des solutions de réduction du bruit, d'aménagement du site, de localisation et d'orientation des sources de bruit.

Actions après
l'événement
(p. 24)

- **Rédiger** un rapport d'analyse et de conformité.
- **Faire** un bilan avec le voisinage.

Avant l'événement ou l'activité

Pendant l'événement ou l'activité

Après

1.2 Musiques et sons amplifiés

Valeurs limites participants (p. 25)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer pour la protection des résidents.

Public visé	Indicateurs de mesure		
	LA _{eq, 15 min}	LC _{eq, 15 min}	LAF _{max.}
Adultes	100 dBA	115 dBC	110 dBA
Enfants (moins de 10 ans)	94 dBA	104 dBC	100 dBA

Valeurs limites résidents (p. 25)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer pour la protection des participants.
- **Adapter** les valeurs limites à ± 5 dBA en fonction du contexte des municipalités.
- **Utiliser** le critère d'émergence $LA_{eq\ 15\ min} \leq LA_{eq\ 15\ min\ ambiant\ (sans\ événement)} + 10\ dBA$ si le bruit ambiant sans événement dépasse les valeurs présentées dans le tableau ci-dessus.

Indicateurs de mesure	Jour	Soirée et dimanche	Nuit
LZ _{eq 15 min à 63 Hz}	70 dBZ		
Lieux accueillant ponctuellement des activités (moins de 10 événements par an)			
LA _{eq 15 min}	70 dBA	65 dBA	55 dBA
LAF _{max.}	90 dBA	85 dBA	65 dBA
Lieux accueillant régulièrement des activités (plus de 10 événements par an)			
LA _{eq 15 min}	65 dBA	60 dBA	55 dBA
LAF _{max.}	85 dBA	80 dBA	65 dBA

Solutions de réduction du bruit (p. 26)

- **Accompagner** les promoteurs pour l'orientation et la position des équipements sonores.
- **Orienter** les équipements de diffusion sonore.
- **Augmenter** le nombre d'équipements sonores, et les **répartir** sur l'ensemble du site.
- **Favoriser** les équipements de diffusion sonore dirigeant le son.
- **Limiter** la puissance de l'ensemble des équipements de diffusion sonore.
- **Diffuser** la musique dans des casques audio pour le public ou les musiciens.
- **Déplacer** les activités aussi loin que possible des endroits sensibles au bruit.
- **Utiliser** des écrans acoustiques.
- **Sensibiliser et informer** les participants sur les risques de pertes auditives.
- **Mettre à disposition** des endroits calmes ou de repos.
- **Mettre à disposition** gratuitement des PAI à usage unique.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.
- **Choisir** des lieux visibles pour la mise à disposition des PAI et des casques.

Surveillance des niveaux sonores (p. 26)

- **Surveiller** pendant la durée de l'événement les niveaux sonores à la régie et à différents emplacements dans le public.
- **Surveiller** les niveaux sonores en façade des bâtiments voisins de l'événement pendant la durée de l'événement pour la protection des résidents.
- **Mettre en place** des cartographies adaptatives.
- **Faire effectuer** par un opérateur qualifié des relevés de niveaux sonores avec des enregistrements sonores, et **conserver** les données.

1.3 Courses de véhicules motorisés

Valeurs limites au bord de la piste pour la protection des résidents (p. 31)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer au bord de la piste pour la protection des résidents et des spectateurs.
- **Adapter** les valeurs limites présentées dans le tableau ci-dessus en fonction de la proximité des endroits sensibles au bruit à l'aide d'un consultant en acoustique.

Type d'activité ou de véhicule	Nombre annuel d'activités autorisées par catégorie	Valeurs limites appliquées au bord de la piste pendant la durée de l'activité
Activités spéciales, ou véhicules bruyants et sans silencieux	≤ 10	$LC_{peak} \leq 130$ dBC
Essais sur piste où les véhicules sont munis ou non d'un silencieux	De 10 à 50	$92 \leq LAF_{max.} \leq 102$ dBA $80 \leq LA_{eq\ 1\ h} \leq 92$ dBA
Autres activités et véhicules avec silencieux ou de route	Illimité	$80 \leq LAF_{max.} \leq 92$ dBA $65 \leq LA_{eq\ 1\ h} \leq 80$ dBA

Solutions de réduction du bruit (p. 32)

- **Légiférer** et **recommander** l'utilisation de silencieux adaptés pour les véhicules de course.
- **Imposer** des valeurs limites à la sortie d'échappement.
- **Déplacer** les activités loin des endroits sensibles au bruit.
- **Ajouter** des écrans acoustiques dans l'infrastructure du lieu.
- **Sensibiliser** les participants et les spectateurs sur les risques de pertes auditives.
- **Mettre à disposition** gratuitement des PAI à usage unique pour les spectateurs
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Surveillance des niveaux sonores (p. 32)

- **Contrôler** les niveaux sonores d'émission des véhicules par méthode statique.
- **Surveiller** les niveaux sonores d'émission des véhicules par méthode dynamique.
- **Faire effectuer** par un opérateur qualifié des relevés de niveaux sonores avec des enregistrements sonores, et **conserver** les données.
- **Envoyer** les niveaux mesurés aux autorités en temps réel.

Avant l'activité

Pendant

1.4 Feux d'artifice

Valeurs limites spectateurs
(p. 35)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer pour la protection des spectateurs.

Indicateur de mesure	Niveau de pression acoustique crête	Nombre limite d'impulsions par jour
LZ_{peak}	> 140 dB(Z)	0
	140 dB(Z)	100
	130 dB(Z)	1000
	120 dB(Z)	10 000

Solutions de réduction du bruit
(p. 35)

- **Demander** les caractéristiques sonores des pièces pyrotechniques utilisées.
- **Déplacer** les événements aussi loin que possible des endroits sensibles au bruit.
- **Éloigner** les spectateurs aussi loin que possible du site de lancement.
- **Sensibiliser** les participants sur les risques de pertes auditives.
- **Mettre à disposition** gratuitement des PAI à usage unique pour les spectateurs.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Surveillance des niveaux sonores
(p. 35)

- **Surveiller** les niveaux sonores pendant la durée de l'événement dans les emplacements réservés aux spectateurs et les endroits sensibles au bruit.
- **Faire effectuer** par un opérateur qualifié des relevés de niveaux sonores avec des enregistrements sonores, et **conserver** les données.

Avant l'événement

Pendant

1.5 Champs de tir

Valeurs limites participants
(p. 37)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer pour la protection des participants.

Indicateur de mesure	Niveau de pression acoustique crête	Nombre limite d'impulsions par jour
LZ_{peak}	> 140 dB(Z)	0
	140 dB(Z)	100
	130 dB(Z)	1000
	120 dB(Z)	10 000

Valeurs limites résidents
(p. 37)

- **Définir** les valeurs limites à appliquer pour la protection des résidents.

Endroits	Nuit	Jour
Résidences isolées ou jumelées, établissements de santé et éducatifs	$LA_{r1h} \leq 40$ dBA	$LA_{r1h} \leq 45$ dBA
Résidences en unités de logement multiples, mobiles et campings	$LA_{r1h} \leq 45$ dBA	$LA_{r1h} \leq 50$ dBA
Commerces et parcs récréatifs	$LA_{r1h} \leq 50$ dBA	$LA_{r1h} \leq 55$ dBA
Industries et agriculture	$LA_{r1h} \leq 70$ dBA	$LA_{r1h} \leq 70$ dBA

Solutions de réduction du bruit
(p. 38)

- **Déplacer** les activités loin des endroits sensibles au bruit.
- **Installer** des enclos de tir.
- **Utiliser** des écrans acoustiques.
- **Sensibiliser** les participants sur les risques de pertes auditives.
- **Imposer** les PAI pour les participants et les spectateurs, et l'usage de la double protection auditive (bouchons et casque) est fortement recommandée.

Surveillance des niveaux sonores
(p. 38)

- **Surveiller** les niveaux sonores pendant la durée des activités, afin de vérifier s'ils respectent les valeurs limites préconisées pour les participants et les résidents.
- **Faire effectuer** par un opérateur qualifié des relevés de niveaux sonores avec des enregistrements sonores, et **conserver** les données.

Avant l'activité

Pendant

2 Effets du bruit sur la santé et le bien-être

2.1 Participants ¹

Les participants doivent être informés qu'être exposés à de forts niveaux de bruit peut conduire à la manifestation d'acouphènes et de pertes auditives temporaires ou permanentes selon la durée et la répétition des expositions. Ces troubles auditifs peuvent advenir quels que soient la nature du bruit ou le contexte (professionnel ou récréatif).

Il est important de noter que les troubles auditifs peuvent considérablement altérer la compréhension de la parole et la capacité d'une personne à communiquer avec les autres. Cela peut, par conséquent, conduire à l'isolement social et à l'incapacité de profiter d'activités récréatives, comme énoncé par la norme canadienne Z94-2. Certaines personnes sont plus à risque lorsque leur exposition journalière au bruit en milieu de travail est cumulée à celle des activités récréatives. La vulnérabilité et les antécédents médicaux de chaque individu sont également des facteurs importants sur les risques de troubles auditifs.

Les personnes exposées au bruit doivent être informées que les troubles auditifs sont non seulement progressifs, mais également irréversibles. Les participants ont souvent conscience que les activités récréatives peuvent être bruyantes. Cependant, ils ne réalisent pas toujours qu'une exposition excessive et régulière peut entraîner les complications décrites précédemment.

En résumé, les facteurs de risque de développer des troubles auditifs chez les participants pendant une activité récréative sont les suivants :

Exposition à de forts niveaux de bruit;

- **Durée et répétition des expositions ;**
- **Cumul des expositions au bruit** (activités récréatives et travail);
- **Vulnérabilité individuelle et antécédents médicaux.**

2.2 Résidents ²

Les facteurs de risque pouvant déranger les résidents lors d'une activité récréative sont les suivants :

- **Exposition au bruit, niveau de bruit ;**
- **Répétition des expositions ;**
- **Période de la journée** (particulièrement la nuit) ;
- **Caractéristiques temporelles du bruit** (fluctuant et périodique, impulsionnel, aléatoire)³;
- **Caractéristiques spectrales du bruit** (basses fréquences, tonal)⁴.

De manière générale, le bruit perturbe le repos, le sommeil et les activités. Des bruits impulsionnels peuvent causer un effet de surprise et même un sentiment de peur. De plus, l'environnement sonore joue un rôle important lors des phases d'endormissement et de sommeil d'un individu. En effet, le bruit lors de ces phases peut entraîner :

- **Des effets biologiques immédiats** (augmentation de la fréquence cardiaque, perturbation des cycles du sommeil, interruption du sommeil, etc.);

¹ Références : [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

² Références : [9], [10], [11].

³ Caractéristiques de bruit précisées à l'Annexe 9.3 (p. 43).

⁴ Caractéristiques de bruit précisées à l'Annexe 9.3 (p. 43).

- **Des effets de troubles du sommeil à moyen terme** (insomnie, prise de médicaments, etc.);
- **Des effets sur la santé et sur le comportement de l'individu à plus long terme** (fatigue, accident, baisse des performances, facteur aggravant pour les maladies cardiovasculaires, les dépressions et les autres maladies mentales).

2.3 Recommandations de l'OMS

L'OMS recommande que les décisions politiques et les règlements tiennent compte de trois principes directeurs encadrant l'enjeu du bruit environnemental. Ces principes, qui doivent être promus par le système de santé et des services sociaux, sont les suivants :

- **Réduire** l'exposition au bruit, et préserver les milieux calmes;
- **Promouvoir** les interventions de réduction de l'exposition et d'amélioration de la santé;
- **Inform**er et **impliquer** les communautés affectées par le bruit.

Les premières valeurs guides publiées en 1999 (*Guidelines for Community Noise*) par l'OMS [12] ont découlé d'un consensus d'experts et s'appliquent à divers environnements sonores. En 2009, les experts ont défini des seuils nocturnes de bruit permettant d'éviter les effets nocifs sur la santé (*Night Noise Guidelines*) [13]. En 2018, l'OMS recommande de nouvelles lignes directrices, sur la base de nouvelles études scientifiques, qui dépendent de sources de bruit spécifiques comme routiers, ferroviaires, aériens, éoliens, les activités récréatives, les bruits impulsionnels et d'impacts (*Environmental Noise Guidelines for the European Region*) [4]. Il faut souligner que pour toutes les situations non couvertes par les nouvelles lignes directrices, les recommandations précédentes restent toujours en vigueur.

- **Protéger** l'audition des participants.



- Depuis 2018, l'OMS [4] recommande pour les activités récréatives la valeur limite sur 24 heures en moyenne annuelle **$LA_{eq\ 24\ h} = 70\ dBA$** .

- **Réduire** le dérangement des résidents.



- Depuis 2009, l'OMS [11] recommande une valeur cible intermédiaire pour protéger les résidents des dérangements de nuit **$L_{extérieur\ nuit} = 55\ dBA$** , lorsque la valeur cible de **$L_{extérieur\ nuit} = 40\ dBA$** ne peut être respectée.
- En 2018, il a été indiqué dans les études recensées par l'OMS [14] qu'une augmentation brusque du niveau maximal **LAS_{max} de 10 dBA** à l'intérieur pouvait entraîner des perturbations du sommeil.

3 Gestion d'une activité récréative : bonnes pratiques

Cette section est commune aux quatre familles d'activités traitées dans ce guide, et propose des recommandations générales de bonnes pratiques en matière de planification et de gestion du bruit des activités récréatives.

3.1 Planification des activités et des événements ⁵

- **Limiter** le nombre d'activités et d'événements par année à un même endroit, surtout si l'endroit n'est pas adapté pour accueillir des activités et des événements réguliers.

Musique et sons amplifiés :

- Le nombre d'événements doit être adapté en fonction de l'endroit et des plaintes enregistrées les années précédentes.
- Les événements se produisant de deux à trois fois par semaine ou toutes les semaines au même endroit peuvent devenir très dérangeants pour les résidents.



Circuits de course pour véhicules motorisés :

- Les valeurs limites doivent être définies en fonction du nombre d'événements.
- Les gestionnaires doivent fournir les détails des événements prévus sur le circuit (avec un plan de gestion du bruit) bien avant le début de la saison.
- Des crédits bruit annuels peuvent être alloués aux circuits⁶.

Champs de tir :

- Des restrictions de temps d'utilisation peuvent être imposées, afin d'éviter les séances de tir pendant les vacances ou les fins de semaine.

- **Espacer** dans le temps les événements au même endroit. Il est recommandé d'espacer les événements successifs à plus de deux semaines d'intervalle.



Musique et sons amplifiés :

Pour des cas particuliers comme les festivals se déroulant sur plusieurs jours, le nombre de jours peut être limité. Si plusieurs événements se déroulant sur plusieurs jours doivent se succéder, il est recommandé de les espacer le plus possible dans le temps (au moins trois semaines ou un mois).

- **Définir** les périodes de la semaine, la durée et la fin des activités et des événements.



Musique et sons amplifiés :

- Si l'événement se termine tard, il est recommandé de s'assurer que les résidents puissent se reposer suffisamment en privilégiant la tenue d'événements la fin de semaine, tout en limitant le niveau sonore la nuit.
- Des valeurs limites plus strictes peuvent être appliquées aux événements dont la durée dépasse deux heures par rapport aux événements d'une durée inférieure à deux heures.
- L'horaire de fin d'un événement prévu la semaine peut être fixé plus tôt par rapport à un événement prévu la fin de semaine.
- L'horaire de fin des événements est généralement de 22 h à 2 h du matin.

⁵ Références : [8], [15-35].

⁶ Chaque activité se déroulant sur une année prend une part des crédits totaux alloués pour l'année, dépendamment du bruit produit.

- L'horaire de fin d'un événement peut varier en fonction de sa durée. Par exemple, un événement serait autorisé à terminer à 23 h si sa durée n'excède pas 5 h. Sinon, il devrait terminer à 22 h.

Feux d'artifice :

- Les événements peuvent être organisés le plus tôt après la tombée de la nuit.

Champs de tir :

- Les séances de tir peuvent être autorisées uniquement le jour et en soirée, mais doivent être totalement interdites la nuit.

- **Définir et adapter** la programmation des activités et des événements en fonction de l'endroit.
- **Varier** la programmation des activités et des événements au fil de la saison à un même endroit.
- **Varier** les endroits de diffusion des activités.



Par exemple, les activités dans les parcs l'été peuvent chaque semaine être prévues dans des parcs différents.

- **Réglementer** les périodes de bruit lors d'activités et d'événements.



Les périodes suivantes doivent être réglementées :

- Circulation routière ou piétonnière des participants avant et après l'activité;
- Tests sonores (principalement pour la musique et les sons amplifiés);
- Nettoyage de l'endroit après l'événement;
- Montage et démontage du matériel.

3.2 Plan de gestion du bruit ⁷

- **Élaborer** un plan de gestion du bruit.
1. **Pour les endroits accueillant des événements réguliers :** Il est recommandé de concevoir deux plans de gestions du bruit complémentaires.
 - **Plan général :** Il est recommandé que ce plan soit élaboré par l'organisme responsable de la gestion de l'endroit à l'aide d'un consultant en acoustique. Ce plan définit les actions pour gérer et réduire le bruit (caractérisation, modélisation, solutions d'atténuation), mais définit aussi les actions que doivent suivre les promoteurs. Le plan de gestion du bruit général peut comprendre les informations suivantes :
 - Description des activités et des événements, détails sur les sources de bruit et l'aménagement de l'endroit;
 - Valeurs limites à appliquer (p. 25, 31, 35, 37);
 - Description de la planification des activités et des événements (p. 18);
 - Description des méthodes de communication et de gestion des plaintes (p. 22);
 - Études acoustiques et enquêtes pour la protection des endroits sensibles (p. 24, 46-49);
 - Description des solutions de réduction du bruit (p. 28, 32, 35, 38);
 - Procédure de surveillance des niveaux sonores (p. 26, 32, 35, 38).

⁷ Références : [18], [24], [31], [36], [37].

- Le niveau autorisé de bruit à l'endroit de l'événement peut être affiché à l'aide d'un pictogramme (voir Figure 1).



Figure 1 – Pictogramme indiquant le niveau sonore permis [45]

Exemple de campagne de sensibilisation :

- Il est recommandé d'effectuer des campagnes de sensibilisation, comme l'utilisation de vidéos diffusées sur le site Web de l'événement, pour la sensibilisation et l'apprentissage au port de PAI (voir Figure 2).



Figure 2 – Capture d'écran tirée de la campagne de sensibilisation de Santé publique France [68]

- Les instructions d'utilisation, d'entretien et d'utilisation des PAI peuvent être représentées sur une affiche (se référer à la norme CSA Z94.2).

- **De distribuer** gratuitement des PAI à usage unique (appelés « bouchons d'oreille ») pour les participants et les spectateurs.
- **De mettre** à disposition des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Les PAI à usage unique sont inadaptés aux jeunes enfants, car ils sont trop gros pour leur conduit auditif, ce qui engendre une mauvaise insertion dans le conduit auditif (voir Figure 3). Les casques antibruit sont plus adaptés que les PAI à usage unique, à condition que la coquille du casque soit adaptée à l'oreille des jeunes enfants (voir Figure 3).



Figure 3 - Images tirées du rapport [74] (source : Ouest France, 2009)

- **De choisir** des endroits visibles pour la mise à disposition des PAI (bouchons et casques antibruit), en priorité à l'entrée des activités et des événements (voir Figure 4).



Figure 4 – Mise à disposition des PAI pendant un événement (source : Bassnectar, sur Twitter)

- **D'organiser** des endroits calmes ou de repos, et de les indiquer clairement aux participants. Il est recommandé que les niveaux sonores de ces endroits calmes ne dépassent pas $L_{Aeq\ 15\ min} = 80\ dBA$.

3.4 Gestion des plaintes et communication ⁸

- **Définir** une procédure de gestion des plaintes.
- **Nommer** un responsable de la gestion des plaintes.

Il est recommandé que le promoteur ou le gestionnaire de l'endroit nomme le responsable de la gestion des plaintes. Le responsable doit être joignable pendant et après l'activité ou l'événement.



Lors d'une plainte, il est recommandé :

- **De relever** le nom, l'adresse et le numéro de téléphone du plaignant ;
- **De noter** la date et l'heure de l'appel ;
- **D'aviser** le plaignant que sa plainte fera l'objet d'une enquête ;
- **De s'assurer** que les niveaux sonores ne dépassent pas les limites autorisées, si possible à l'adresse indiquée par le plaignant ;
- **De définir** des actions pour réduire l'impact sonore des activités pour les résidents ;
- **D'informer** le plaignant de l'enquête et des actions engagées.

➔ **Remarque** : Le nombre de plaintes a souvent un lien :

- Avec le niveau de bruit ;
- Avec la période de la journée (soirée et nuit) ;
- Avec la répétition des activités ;
- Avec la durée ;
- Avec les caractéristiques temporelles du bruit (fluctuant et périodique, impulsionnel, aléatoire)⁹ ;
- Avec les caractéristiques spectrales du bruit (basses fréquences, tonal)¹⁰.

⁸ Références : [18], [24], [31], [39], [40].

⁹ Caractéristiques de bruit précisées à l'Annexe 9.3 (p. 43).

¹⁰ Caractéristiques de bruit précisées à l'Annexe 9.3 (p. 43).

- **Communiquer** aux résidents les informations générales concernant les activités (nature de l'événement, date et horaire, etc.).
- **Inform**er les résidents du processus de gestion des plaintes et des personnes-ressources.

Des plaquettes explicatives peuvent être distribuées. Des informations peuvent être communiquées par Internet, par la presse ou par des réunions d'information (organisées avant et après un événement).



- Une lettre de notification peut être envoyée aux résidents, comprenant les informations suivantes :
 - Nom et description de l'événement;
 - Date, période des tests ou essais et de l'activité;
 - Numéro du soutien téléphonique en cas de plaintes.
 - Le site Web de l'événement peut être utilisé pour diffuser l'information.
- **Sensibiliser** les promoteurs et les participants des possibles désagréments et problèmes de santé que peuvent subir les populations résidant près de ces activités.
- **Avertir** les futurs résidents du possible aspect récréatif du quartier. Les résidents doivent être informés le plus tôt des possibles nuisances sonores qu'ils pourraient subir.
- **Inviter** les résidents à participer aux activités.

3.5 Urbanisme

- **Déplacer** les sites dédiés aux **activités récréatives régulières** le plus loin possible des endroits sensibles au bruit.
- **Éviter** ou **restreindre** la construction de nouvelles résidences ou d'autres bâtiments sensibles au bruit (ex. : hôpitaux, écoles, etc.) à proximité des sites dédiés aux **activités récréatives régulières**.

Lors de nouvelles constructions, pour minimiser l'impact et les réactions des futurs résidents, il est recommandé :

- **De prendre en compte** avec les architectes, les consultants en acoustique et les promoteurs immobiliers les sources de bruit provenant des **activités régulières** dans la conception des résidences : isolation des pièces, localisation des chambres à coucher du côté des façades les moins exposées au bruit, utilisation de triple vitrage, etc.

→ Limites :

- Cette action permet uniquement de réduire le bruit à l'intérieur des résidences. Les personnes seront toujours exposées à l'extérieur (ex. : jardin, cours, etc.).
- L'efficacité de cette action peut être limitée l'été, si les fenêtres des résidences restent ouvertes. Des systèmes d'aération ou de climatisation peuvent alors être privilégiés, mais peuvent réduire l'étanchéité acoustique des résidences. De plus, ces systèmes peuvent être une source de bruit supplémentaire à l'intérieur des résidences ou procurer un effet de masque pour le bruit généré par les activités extérieures.

3.6 Étude acoustique et enquête pour la protection des endroits sensibles

Pour les sites accueillant des **activités récréatives régulières**, il est recommandé de réaliser une étude acoustique de l'impact du bruit dans les endroits sensibles.

Les études acoustiques permettent d'estimer, avant la tenue des activités ou des événements, les niveaux de bruit dans les différents sites près de l'événement. Elles aident à la gestion des sources de bruit et à l'aménagement des sites.

Les études acoustiques permettent :

- **D'estimer** l'impact des sources de bruit dans les endroits sensibles (cartographie acoustique);
- **D'aider** à la définition de valeurs limites réalistes;
- **D'anticiper** l'influence des conditions météorologiques sur la propagation du bruit vers les endroits sensibles;
- **De concevoir** des solutions de réduction du bruit, de l'aménagement de l'endroit (cartographie adaptative), de la localisation et de l'orientation des sources de bruit.

De plus, des enquêtes auprès des résidents exposés au bruit peuvent être menées. Ces enquêtes permettent de mieux comprendre et de quantifier le dérangement des résidents. Elles peuvent être réalisées à partir de questionnaires ou d'entretiens téléphoniques auprès des populations concernées.

3.7 Actions après l'événement

- **Rédiger** un rapport de conformité, comprenant l'analyse :
 - Des plaintes;
 - Des niveaux enregistrés;
 - Des actions correctives engagées après une plainte;
 - De l'efficacité des solutions proposées dans le plan de gestion du bruit, afin de minimiser l'impact du bruit sur les participants et les résidents;
 - Des points à améliorer.
- **Faire un bilan** avec les résidents de la municipalité.

4 Musiques et sons amplifiés

Pour la gestion du bruit provenant des activités comprenant de la musique et des sons amplifiés, il est nécessaire de trouver un compromis entre l'attente des participants, la protection de leur audition et la protection de l'environnement sonore des résidents (réduction du dérangement) [16], [20].

4.1 Valeurs limites

4.1.1 Participants ¹¹

- **Protéger** l'audition des participants.

Afin de protéger l'audition des participants, il est nécessaire de prendre en compte à la fois les niveaux globaux $LA_{eq\ 15\ min}$ et $LC_{eq\ 15\ min}$ et le niveau maximal LAF_{max} (voir Tableau 1). Les valeurs limites recommandées pour ces indicateurs sont présentées dans le Tableau 1. Elles doivent être applicables à tout endroit pouvant accueillir des spectateurs. Pour les événements destinés aux enfants de moins de 10 ans, il est recommandé d'appliquer des valeurs limites plus restrictives. Les méthodes de surveillance des niveaux sonores et les conditions de mesure sont présentées à la section 4.2.1 et à l'Annexe 9.6 (p. 44).

Tableau 1 – Valeurs limites pour protéger l'audition des participants, applicables à tout endroit pouvant accueillir des spectateurs

Public visé	Indicateurs de mesure		
	$LA_{eq\ 15\ min}$	$LC_{eq\ 15\ min}$	LAF_{max}
Adultes	100 dBA	115 dBC	110 dBA
Enfants (moins de 10 ans)	94 dBA	104 dBC	100 dBA



Depuis 1999, pour la protection de la santé auditive l'OMS [12] recommande qu'un individu ne devrait pas être exposé sans PAI à un niveau sonore $LA_{eq\ 4\ h}$ supérieur à 100 dBA pendant une période de quatre heures plus de quatre fois par année. De plus, pour éviter des troubles auditifs aigus, il est recommandé que le niveau sonore maximal LAF_{max} ne dépasse jamais 110 dBA.

4.1.2 Résidents ¹²

- **Réduire** le dérangement des résidents.

Pour limiter le dérangement subi par les résidents, il est recommandé de définir des valeurs limites sur le niveau sonore global $LA_{eq\ 15\ min}$, sur le niveau maximal LAF_{max} (voir Tableau 2) et sur le niveau sonore des basses fréquences. En effet, les composantes des basses fréquences du bruit peuvent provoquer un dérangement important pour les résidents. Les valeurs limites recommandées pour ces indicateurs sont présentées dans le Tableau 2. Elles sont applicables en façade d'un bâtiment ou aux limites d'une résidence. Les méthodes de surveillance des niveaux sonores et les conditions de mesures sont présentées à la section 4.2.2.

¹¹ Références : [23], [41-48].

¹² Références : [15], [16], [19-24], [37], [38], [42], [49-51].

Tableau 2 – Valeurs limites pour réduire le dérangement des résidents

Indicateurs de mesure	Période de la journée		
	Jour	Soirée et dimanche	Nuit
LZ _{eq} 15 min à 63 Hz ¹³	70 dBZ		
Endroits accueillant ponctuellement des événements (ex. : moins de 10 événements par an)			
LA _{eq} 15 min	70 dBA	65 dBA	55 dBA
LAF _{max}	90 dBA	85 dBA	65 dBA
Endroits accueillant régulièrement des événements (ex. : plus de 10 événements par an)			
LA _{eq} 15 min	65 dBA	60 dBA	55 dBA
LAF _{max}	85 dBA	80 dBA	65 dBA

- **Adapter** les valeurs du Tableau 2 à plus ou moins 5 dBA en fonction de l'urbanisme et des contextes socioéconomiques et culturels de l'endroit où est tenu l'événement.
- **Utiliser** le critère d'émergence $LA_{eq\ 15\ min} \leq LA_{eq\ 15\ min\ ambiant}^{14} + 10\ dBA$, si le bruit ambiant sans l'événement dépasse ou est près des valeurs limites du Tableau 2.
- **Adapter** les valeurs limites en fonction de l'événement et de sa planification.

Exemples d'adaptation des valeurs limites globales en fonction :

- **De la durée :** Si un événement dure plus de deux heures, les valeurs limites sont diminuées de 5 dBA.
- **Du jour de la semaine :** Les valeurs limites peuvent être plus restrictives les jours de semaine que celles définies la fin de semaine.
- **Du nombre d'événements :** Les valeurs limites peuvent être diminuées si le nombre d'événements pour une saison augmente.
- **De l'endroit :** Les valeurs limites peuvent être adaptées à l'endroit de diffusion.

Indicateur supplémentaire pour caractériser les basses fréquences :

Un indicateur préliminaire simple peut être aussi utilisé avant l'application de la valeur limite du Tableau 2 :

Après une mesure du niveau sonore en global LC_{eq} 15 min et LA_{eq} 15 min > 20 dB, alors une mesure par bande d'octave doit être réalisée, et le niveau sonore pour la bande d'octave centrée en 63 Hz doit respecter LZ_{eq} 15 min à 63 Hz < 70 dBZ (voir Tableau 2).



4.2 Surveillance des niveaux sonores

4.2.1 Participants¹⁵

- **Surveiller** pendant la durée de l'événement les niveaux sonores aux emplacements de surveillance définis au préalable dans le plan de gestion du bruit.

¹³ Niveau sonore pour la bande d'octave centrée à 63 Hz.

¹⁴ Bruit ambiant sans événement : $LA_{eq\ 15\ min\ ambiant} = LA_{eq\ 15\ min\ sans\ événement}$.

¹⁵ Références : [17-19], [24], [28], [39], [43], [44], [46], [52-54].

Les emplacements de surveillance comprennent la régie du spectacle et dans le public (emplacements prédéfinis ou aléatoires).

- **Ajuster** en temps réel les niveaux d'émission des équipements de diffusion sonore, si les niveaux sonores réglementaires ne sont pas respectés.
- **Enregistrer** sur les sonomètres fixes les indicateurs glissants $LA_{eq\ 15\ min\ glissant}$ et $LC_{eq\ 15\ min\ glissant}$ pour avoir des données en continu pendant l'événement.

➔ **Remarque** : Les valeurs limites pour la protection de l'audition des participants (voir Tableau 1) sont applicables à tout emplacement accessible aux participants. Cette recommandation nécessite d'installer plusieurs sonomètres dans différents emplacements ou de demander à l'opérateur de se déplacer. Ces procédures ne sont pas toujours faciles à mettre en place. Afin de minimiser ces contraintes, la méthode de mesure en « U » peut être utilisée [53]. Avant l'événement, des fonctions de transfert (propagation entre un emplacement fixe de référence et différents emplacements dans le public) sont mesurées. Ces fonctions de transfert sont ensuite utilisées pendant l'événement pour estimer le niveau sonore dans différents emplacements dans le public.

➔ **Limite** : Cette méthode prend en compte uniquement la sonorisation en façade, et non celle de la scène (retours de scène, instruments acoustiques, etc.). De plus, les mesures préliminaires doivent être réalisées aussi souvent que les équipements de diffusion sonore changent. Les mesures préliminaires sont généralement réalisées sans public, ce qui peut biaiser les estimations des niveaux lors de l'événement.

Les niveaux sonores sont en général surveillés par des opérateurs, qui sont désignés par le promoteur, le responsable de la gestion de l'endroit ou la municipalité. Les opérateurs peuvent être :

- Le sonorisateur à la régie du spectacle;
- Un opérateur sachant utiliser un sonomètre;
- Un consultant en acoustique;
- Les autorités.

Un limiteur de bruit peut aussi être intégré à la régie. Il peut limiter le niveau sonore global ou le niveau sonore par bande de fréquences, ou en cas de dépassement des niveaux sonores interrompre la source d'alimentation des équipements de diffusion sonore (option non recommandée).

- **Conserver** les relevés des niveaux sonores et les enregistrements sonores effectués pendant l'événement.

4.2.2 Résidents ¹⁶

- **Surveiller** les niveaux sonores en façade des bâtiments ou aux limites des résidences dans les endroits sensibles au bruit. Vérifier le respect des valeurs limites (voir Tableau 2). Cette surveillance peut s'effectuer à partir de sonomètres fixes ou à l'aide d'un sonomètre déplacé par un opérateur. Il est recommandé que la surveillance soit effectuée suivant la méthodologie de mesure et les conditions présentées à l'Annexe 9.6.1 (p. 44).
- **Surveiller** la contribution des basses fréquences en façade des bâtiments.

¹⁶ Références : [24], [38], [43], [45], [54-57].

- **Mettre en place** une cartographie adaptative. Cette méthode est basée sur des modèles et des mesures acoustiques. Elle permet d'estimer en temps réel les niveaux sonores dans les endroits sensibles en prenant en compte les conditions météorologiques. Ces méthodes de surveillance ont été mises en place à Londres, à Cambridge, à Sydney et à Dublin.
- ➔ **Remarque** : Les mesures de bruit à l'intérieur d'un logement peuvent paraître plus appropriées pour connaître l'impact du bruit sur les résidents. Cependant, il n'est pas facile pour un opérateur de pouvoir faire des mesures à l'intérieur des résidences. De plus, il peut y avoir une grande variation de niveaux sonores dans les résidences.
- ➔ **Limites en région urbaine** : Les mesures en façade peuvent être affectées par le bruit ambiant extérieur à l'événement notamment pour les régions urbaines. Il peut arriver que le bruit ambiant (ex. : lié au trafic routier) dépasse les valeurs limites. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser le critère d'urgence, et des mesures doivent être effectuées pendant l'événement et après.
- ➔ **Limites en région rurale** : Le niveau de bruit ambiant est moins élevé qu'en région urbaine. La musique peut donc être perçue à de plus grandes distances de la source. De plus, les résidences peuvent être dispersées, rendant plus difficile l'accès à l'opérateur prenant les mesures.



Il est recommandé de choisir les emplacements de surveillance en prenant en compte la nature de l'événement, l'impact du bruit sur les résidents, la périodicité des événements et les plaintes.

- **Conserver** les relevés des niveaux sonores ou les enregistrements effectués pendant l'événement.



Les municipalités pourront avoir accès à ces relevés ou ces enregistrements en cas de plaintes. Ils pourront vérifier la conformité de l'événement. Des enregistrements sonores peuvent être effectués en parallèle de la mesure des niveaux sonores. Ils permettent de vérifier la conformité des niveaux sonores mesurés (bruits parasites pouvant polluer la mesure, comme les rafales de vent ou les bruit d'impact). L'utilisation d'un sonomètre permettant l'enregistrement audio est donc recommandée.

4.3 Solutions de réduction du bruit

Pour réduire le bruit, il existe trois niveaux d'intervention :

- **Agir** sur la source de bruit ;
- **Agir** sur le chemin de propagation, c'est-à-dire mettre des obstacles entre la source et le récepteur ;
- **Utiliser** des PAI.

4.3.1 Actions sur la source de bruit ¹⁷

Pour réduire le bruit dans les endroits sensibles, le meilleur moyen est de réduire le bruit à la source. Il est recommandé de mettre en place plusieurs actions.

- **Accompagner** les promoteurs sur l'orientation et la position des sources.

¹⁷ Références : [18], [19], [24], [37-39], [55], [58], [59].



- Informer les promoteurs sur l'orientation et la position des équipements de diffusion sonore.
- Inclure sur le permis autorisant l'événement des consignes sur l'orientation et la position des équipements.
- Demander que les scènes et les équipements de diffusion sonore soient orientés dans le sens opposé des endroits sensibles au bruit.
- Orienter les équipements de diffusion sonore accrochés en hauteur vers le bas, en pointant vers le sol.

- **Augmenter** le nombre de systèmes de diffusion sonore secondaires, et les répartir sur l'ensemble du site, c'est-à-dire ajouter des équipements de diffusion secondaires aux équipements de diffusion sonore principaux (comme les haut-parleurs de façade). Ils seront moins puissants, mais plus nombreux et mieux répartis dans l'espace. Cette technique permet de réduire les niveaux sonores sur l'avant de la scène et aussi en façade des bâtiments.

➔ **Remarque :** Pour la surveillance des niveaux d'un événement avec les systèmes de diffusion sonore secondaires, il est important de bien définir les emplacements de surveillance. En effet, des équipements de diffusion sonore peuvent se trouver à l'arrière de la régie.



Pour les événements pour lesquels plusieurs performances ont lieu en même temps, il est recommandé de répartir les scènes sur l'ensemble du site de l'événement. Si les scènes sont trop près, les sonorisateurs peuvent avoir tendance à augmenter le niveau sonore de leur scène.

- **Favoriser** les équipements de diffusion sonore capables de diriger le son vers les participants.



- L'utilisation d'équipements sonores de type *line-array* (voir Figure 5) est recommandée, car ils sont capables d'orienter le son dans un endroit cible, principalement en moyennes et hautes fréquences.
- Il existe des systèmes cardioïdes, qui permettent la diffusion vers un endroit cible des basses, moyennes et hautes fréquences.
- Il est recommandé que les équipements sonores destinés à la diffusion des basses fréquences soient placés à une hauteur de 50 cm par rapport au sol, afin de limiter la propagation des basses fréquences vers les endroits sensibles au bruit.



Figure 5 – Système de diffusion de type *line-array*

- **Limiter** la puissance de l'ensemble des équipements de diffusions sonores à 1 kW par 100 personnes du public.
- **Utiliser** des casques audio pour la diffusion sonore.



- Il est recommandé de privilégier, quand cela est possible, les tests sonores au casque et de limiter la durée des tests sans casque.
- Les retours sur scène des musiciens peuvent se faire par casque audio.
- Il existe des concerts « silencieux », pour lesquels la musique est diffusée aux participants par des casques audio. Les niveaux sonores dans les casques doivent cependant rester raisonnables, afin de protéger l'audition des participants.

4.3.2 Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles ¹⁸

Pour réduire la transmission sonore vers les résidents, il est recommandé :

- **De déplacer** les activités aussi loin que possible des endroits sensibles au bruit.
- ➔ **Remarque** : Il est recommandé pour l'organisation d'événements en région urbaine de favoriser les endroits administratifs industriels, qui ne reçoivent pas ou peu de travailleurs pendant la durée de l'événement.
- **Utiliser** des écrans acoustiques (comme des buttes de terre, des collines, des murs, des conteneurs empilés, des panneaux composés de matériaux isolants et absorbants, etc.).
- ➔ **Limite** : Pour qu'un écran acoustique soit efficace, il est nécessaire de le placer près de la source ou du récepteur. De plus, son efficacité dépend aussi de sa hauteur et des fréquences du bruit. L'utilisation d'un écran acoustique est donc assez limitée, afin de réduire la propagation du bruit des basses fréquences vers les endroits résidentiels.



Exemples :

- Les murs ou les tribunes peuvent être utilisés comme des écrans acoustiques.
- L'utilisation de rideaux à l'arrière de la scène permet de limiter la réflexion du son vers le public.
- Les collines sont parmi les écrans naturels les plus efficaces en termes d'affaiblissement acoustique, comparativement aux bâtiments ou aux arbres.

4.3.3 Protection de l'audition des participants ¹⁹

- **Sensibiliser et informer** les participants sur les risques auditifs liés à une exposition sonore importante, en particulier les femmes enceintes, les enfants et les jeunes adultes.
- **Distribuer** gratuitement des PAI à usage unique pour les spectateurs.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Pour obtenir plus de détails, nous conseillons au lecteur de se référer à la section 3.3 (p. 20).

¹⁸ Références : [18], [37], [39], [55].

¹⁹ Références : [2], [23], [24], [43-45], [54], [57], [60-65].

5 Circuits de course pour véhicules motorisés

Pour les circuits de course pour véhicules motorisés, un compromis doit être trouvé entre la protection de l'environnement sonore des populations résidant près du circuit, l'attente des spectateurs et l'impact financier pour la communauté [66] [67] [68].

5.1 Valeurs limites et planification des événements ²⁰

- **Limiter** le niveau sonore d'émission des véhicules autorisés à circuler sur le circuit.
- **Définir** des valeurs limites.

Pour la définition des valeurs limites, il est recommandé de suivre une planification en pyramide, où les valeurs limites sont données en fonction du type d'activité et de véhicule (voir Tableau 3).

Tableau 3 – Valeurs limites en fonction du type d'activité et de véhicule

Type d'activité ou de véhicule	Nombre annuel d'activités autorisées par catégorie	Valeurs limites appliquées au bord de la piste pendant la durée des activités
Activités spéciales ou véhicules bruyants et sans silencieux	10	$LC_{peak} \leq 130$ dBC
Essais de piste où les véhicules sont munis ou non d'un silencieux	10-50	$92 \leq LAF_{max} \leq 102$ $80 \leq LA_{eq\ 1\ h} \leq 92$
Autres activités et véhicules avec silencieux ou de route	Illimité	$80 \leq LAF_{max} \leq 92$ $65 \leq LA_{eq\ 1\ h} \leq 80$

Les valeurs limites proposées dans le Tableau 3 sont données à titre indicatif. Elles sont présentées sous forme d'intervalle de valeurs. En effet, les valeurs limites doivent être définies en fonction du circuit, de la position du point de mesure, de la proximité des résidences et des valeurs réglementaires à respecter pour la protection des résidents (municipalité ou note 98-01 [72]). Il est recommandé que le point de mesure soit situé au bord de la piste. Les valeurs limites au bord de la piste peuvent être définies par un consultant en acoustique, qui pourra effectuer des mesures ou des modélisations numériques.

➔ Remarque :

- Il est recommandé de ne pas (ou peu) limiter le nombre d'événements qui produisent de faibles nuisances sonores pour les résidents, comme des courses de cyclisme ou des rassemblements de voitures de collection ou de tourisme.

➔ Valeurs limites complémentaires :

- Une valeur limite annuelle ($LA_{eq\ 24\ h}$ ou LD_{en}) peut être définie pour les endroits sensibles au bruit. Des études acoustiques peuvent aider à fixer le nombre d'activités autorisées par année et par catégorie d'événements (de véhicules), afin de respecter cette valeur limite annuelle.
- Des valeurs limites d'émission sonore des véhicules peuvent être appliquées à chaque véhicule, en suivant la méthode de mesure statique à l'échappement (voir l'Annexe 9.6.2 (p. 45)). Ces valeurs limites sont basées sur le niveau maximal LAF_{max} et elles varient de 94 à 107 dBA (en fonction du moteur du véhicule).

²⁰ Références : [26], [66], [68-71].

5.2 Surveillance et contrôle des niveaux sonores des véhicules ²¹

Il existe deux approches complémentaires pour contrôler le niveau sonore d'un véhicule : la méthode statique et la méthode dynamique.

- **Contrôler** les niveaux sonores d'émission des véhicules par la **méthode statique** (voir l'Annexe 9.6.2 (p. 45)).

Les mesures statiques sont effectuées sur tous les véhicules à l'arrêt et permettent de contrôler le niveau sonore à la sortie d'échappement des véhicules avant leur premier accès à la piste.

- **Surveiller** les niveaux sonores d'émission des véhicules par **méthode dynamique**, afin de faire respecter les valeurs recommandées par le Tableau 3 (voir l'Annexe 9.6.3 (p. 46)).

Les mesures dynamiques sont effectuées au bord de la piste quand les véhicules sont en circulation. Elles permettent :

- De contrôler les niveaux sonores en temps réel;
 - De pénaliser un compétiteur qui ne respecterait pas avec son véhicule les niveaux sonores demandés (disqualification ou temps de pénalité);
 - De mesurer les sources de bruit autres que celles obtenues par la méthode statique (comme celles du moteur en charge, de l'aérodynamisme et du contact pneumatique-chaussée).
- **Surveiller** les niveaux sonores pendant l'événement dans les spectateurs et les endroits sensibles. Cette surveillance peut s'effectuer à partir de sonomètres fixes ou à l'aide d'un sonomètre déplacé par un opérateur qualifié.
 - **Communiquer** les niveaux sonores mesurés aux autorités en temps réel, et **conserver** les relevés des niveaux sonores.

5.3 Solutions de réduction du bruit

Pour réduire le bruit, il existe trois niveaux d'intervention :

- **Agir** sur la source de bruit;
- **Agir** sur le chemin de propagation, c'est-à-dire mettre des obstacles entre la source et le récepteur;
- **Utiliser** des PAI.

5.3.1 Actions sur la source de bruit ²²

Pour lutter contre les nuisances sonores, il est nécessaire de pouvoir déterminer les sources de bruit.

1. Sources principales perçues par les résidents :

- Moteurs à combustion des véhicules (bourdonnement, sifflement, etc.)
- Sorties d'échappement (bruit de bouche, ferrailage, sifflement)
- Contact pneumatique-chaussée (crissement, chuintement, hululement, bourdonnement, dérapage contrôlé)

²¹ Références : [26], [27], [67], [70-74].

²² Références : [66], [67], [74-77].

2. Autres sources de bruit pouvant contribuer aux nuisances sonores :

- Système de diffusion de musique et de sons amplifiés
- ➔ **Remarque** : Il est recommandé d'utiliser plusieurs haut-parleurs répartis sur le circuit et orientés vers les spectateurs. De plus, l'utilisation de casques d'écoute audio à la place de systèmes de sonorisation pourrait être une solution efficace. Ce système permettrait en même temps de protéger l'audition des spectateurs du bruit des véhicules.
- Trafic routier autour du circuit généré par le déplacement des spectateurs

Pour l'amélioration de l'environnement sonore des résidents, il est recommandé :

- **D'inciter et de réglementer** l'utilisation de silencieux d'échappement adaptés pour les véhicules de course. Cette mesure doit se faire en concertation avec les fédérations de sports automobiles;
- **De restreindre** la fin de semaine le nombre de véhicules sans silencieux sur un circuit;
- **D'imposer** des valeurs limites à la sortie d'échappement, suivant la méthode de mesure statique.

5.3.2 Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles ²³

- **Déplacer** les circuits aussi loin que possible des endroits sensibles au bruit.
- **Installer** des écrans acoustiques dans l'infrastructure du site.



- Les buttes de terre sont généralement peu coûteuses, mais peuvent avoir seulement une hauteur de 5-6 m environ.
- Des écrans acoustiques avec des systèmes d'ancrage appropriés pourraient approcher une dizaine de mètres, si nécessaire. Ces écrans peuvent être fabriqués à base de bois ou de dalles de béton préfabriquées. Des matériaux acoustiques absorbants sont recommandés du côté de la source, afin de réduire les réflexions du bruit.

➔ **Limite** : Pour qu'un écran acoustique soit efficace, il est nécessaire de le placer près de la source ou du récepteur. La hauteur de l'écran et sa distance à la source ou au récepteur sont des paramètres les plus importants pour l'efficacité d'un écran. Plus la barrière est haute et près de la source ou du récepteur, plus la réduction est importante.

➔ **Remarque** : Cette solution est particulièrement recommandée pour les activités de type courses de *drag* et sur circuit, où la longueur et la largeur de la piste sont limitées et compactes.

5.3.3 Protection de l'audition des participants ²⁴

- **Sensibiliser** les participants et les spectateurs sur les risques de pertes auditives.
- **Distribuer** gratuitement des PAI à usage unique.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

²³ Références : [55], [66], [68].

²⁴ Référence : [74].

Les niveaux sonores pour les spectateurs au bord de la piste peuvent être très forts et causer des dommages irréversibles au système auditif. En effet, lors d'une course automobile, au Québec, il a été mesuré sur le bord de la piste accessible au public les niveaux de bruit suivants : $LA_{eq\ 15\ min} = 114\ dBA$, $LAF_{max} = 122\ dBA$ et $LC_{peak} = 137\ dBC$. Il est donc indispensable d'informer les spectateurs du risque de pertes auditives et de leur proposer des PAI gratuites. Une attention particulière doit être portée à la protection des plus jeunes spectateurs et des femmes enceintes. Pour obtenir plus de détails, nous conseillons au lecteur de se référer à la section 3.3 (p. 20).

6 Feux d'artifice

Les feux d'artifice génèrent des bruits impulsionnels. Ils peuvent être une nuisance sonore et peuvent perturber le sommeil des résidents. Cette source de bruit peut donc être problématique en termes de santé et de pollution sonore [78] [79].

6.1 Valeurs limites

Il est recommandé, pour les feux d'artifice, de ne pas dépasser les valeurs présentées dans le Tableau 4 sans PAI pour les participants. Chaque valeur est associée à un nombre limité d'impulsions par jour. Les valeurs doivent être mesurées selon la norme canadienne CSA Z107.56-13 pour la mesure de l'exposition aux bruits impulsionnels.

Tableau 4 – Valeurs limites d'exposition aux bruits impulsionnels pour les participants sans PAI

Indicateur de mesure	Niveau de pression acoustique crête	Nombre limite d'impulsions par jour
LZ _{peak}	> 140 dB(Z)	0
	140 dB(Z)	100
	130 dB(Z)	1000
	120 dB(Z)	10 000

Depuis 1999 (et confirmé en 2018), l'OMS [12] recommande pour les feux d'artifice et pour les bruits impulsionnels les valeurs limites présentées dans le Tableau 5. Les valeurs sont données pour une distance de 100 mm de l'oreille.

Tableau 5 – Valeurs à ne jamais dépasser et recommandées par l'OMS [12] pour les feux d'artifice

Indicateur de mesure	Public visé	Niveau de pression acoustique de crête
LZ _{peak}	Adultes	140 dB(Z)
	Enfants	120 dB(Z)

6.2 Surveillance des niveaux sonores

- **Surveiller** les niveaux sonores pendant l'événement pour les spectateurs et les endroits sensibles. Cette surveillance peut s'effectuer à partir de sonomètres fixes ou à l'aide d'un sonomètre déplacé par un opérateur qualifié. **Conserver** les données.

6.3 Solutions de réduction du bruit ²⁵

Pour réduire le bruit, il existe trois niveaux d'intervention :

- **Agir** sur la source de bruit;
- **Agir** sur le chemin de propagation, c'est-à-dire mettre des obstacles entre la source et le récepteur;
- **Utiliser** des PAI.

²⁵ Références : [79-82].

6.3.1 Actions sur la source de bruit

- **Demander** les niveaux de bruit générés par les pièces pyrotechniques utilisées.
- ➔ **Remarque** : Les caractéristiques des pièces pyrotechniques, comme le niveau sonore maximal (ex. : directive européenne 2013/29/EU), peuvent aider aux choix des pièces et permettre de réduire le bruit à la source de façon significative.



Certaines réglementations fixent pour les pièces pyrotechniques un niveau sonore maximal (défini avec une pondération temporelle impulsive). En Europe, ce niveau est fixé à 120 dBA [80].

6.3.2 Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles

- **Déplacer** les événements aussi loin que possible des endroits sensibles.
- **Éloigner** les spectateurs aussi loin que possible du site de lancement.



Des distances de sécurité entre les participants et le site de lancement sont proposées dans le *Manuel de l'artificier* [82]. Ces distances varient de 45 à 350 m en fonction du calibre des mortiers et de la géométrie du site.

6.3.3 Protection de l'audition des spectateurs

- **Sensibiliser et informer** les participants sur les risques auditifs liés à une exposition sonore importante, en particulier les femmes enceintes, les enfants et les jeunes adultes.
- **Distribuer** gratuitement des PAI à usage unique pour les spectateurs.
- **Prêter** gratuitement des casques antibruit adaptés pour les enfants.

Pour obtenir plus de détails, nous conseillons au lecteur de se référer à la section 3.3 (p. 20).

7 Champs de tir

7.1 Valeurs limites ²⁶

7.1.1 Participants

- **Limiter** l'exposition des participants aux niveaux sonores élevés.

Il est recommandé pour les champs de tir de ne pas dépasser les valeurs présentées dans le Tableau 6. Chaque valeur est associée à un nombre limité de tirs par jour. Les valeurs doivent être mesurées selon la norme canadienne CSA Z107.56-13 pour la mesure de l'exposition aux bruits impulsionnels.

Tableau 6 – Valeurs limites d'exposition aux bruits impulsionnels sans PAI

Indicateur de mesure	Niveau de pression acoustique crête	Nombre limite d'impulsions par jour
LZ _{peak}	> 140 dB(Z)	0
	140 dB(Z)	100
	130 dB(Z)	1000
	120 dB(Z)	10 000



Les recommandations de l'OMS pour les bruits impulsionnels sont présentées dans le Tableau 5 de la section 6.1.

7.1.2 Résidents ²⁷

- **Limiter** l'exposition des résidents aux bruits impulsionnels.

Il est recommandé pour les champs de tir de ne pas dépasser les valeurs limites préconisées par la note 98-01 [72] et présentées dans le Tableau 7. Les conditions d'application de ces valeurs et de mesures sont présentées dans cette note.

Tableau 7 – Valeurs limites données par la note 98-01 [72]

Endroits	Nuit	Jour
Résidences isolées ou jumelées, établissements de santé et éducatifs	LAR _{1h} ≤ 40 dBA	LAR _{1h} ≤ 45 dBA
Résidences en unités de logement multiples, mobiles et campings	LAR _{1h} ≤ 45 dBA	LAR _{1h} ≤ 50 dBA
Commerces et parcs récréatifs	LAR _{1h} ≤ 50 dBA	LAR _{1h} ≤ 55 dBA
Industries et agriculture	LAR _{1h} ≤ 70 dBA	LAR _{1h} ≤ 70 dBA

Les valeurs limites peuvent être définies en fonction des jours et des horaires, du nombre de tirs effectués sur une période et de la distance entre le champ de tir et les endroits sensibles au bruit.

²⁶ Références : [3], [83], [84].

²⁷ Références : [8], [85].



En raison du caractère impulsionnel et répétitif de la source, cette activité peut induire du dérangement chez les résidents, même pour des niveaux de bruit en dessous des niveaux de bruit environnementaux habituels (ex. : trafic routier et aérien).

7.2 Surveillance des niveaux sonores

- **Surveiller** les niveaux sonores pendant la durée de l'événement, afin de vérifier s'ils respectent les valeurs limites préconisées pour les spectateurs et les endroits sensibles au bruit.
- **Effectuer** des relevés de niveaux sonores par un opérateur qualifié, et **conserver** les données.

7.3 Solutions de réduction du bruit

Pour réduire le bruit, il existe trois niveaux d'intervention :

- **Agir** sur la source de bruit;
- **Agir** sur le chemin de propagation, c'est-à-dire mettre des obstacles entre la source et le récepteur;
- **Utiliser** des PAI.

7.3.1 Actions sur la source de bruit

L'utilisation de silencieux d'arme est interdite au Canada. Cependant, il peut être demandé au responsable du champ de tir de sélectionner des armes en prenant en compte leur émission sonore.

7.3.2 Réduction de la propagation sonore vers les endroits sensibles ²⁸

- **Installer** des enclos de tir.

Ces dispositifs simples peuvent être construits à partir de trois murs et d'une toiture.



- En plus de réduire la propagation du bruit, les enclos permettent d'augmenter la sécurité et le confort du tireur.
- ➔ **Limite** : Il est généralement possible de réduire la propagation du bruit dans toutes les directions, sauf dans celle du tir.
- Des matériaux absorbants (ex. : matériaux poreux ou fibreux protégés par une structure perforée) ayant un fort coefficient d'absorption acoustique (plus de 70 %) pour les fréquences des armes à feu doivent être installés, afin de réduire le bruit réverbéré à l'intérieur de l'enclos et réduire ainsi l'exposition au bruit des tireurs.

- **Déplacer** les activités loin des endroits sensibles au bruit.
- **Dimensionner et concevoir** des écrans acoustiques autour du site de tir et des cibles.

²⁸ Références : [3], [55], 83].

➔ **Limite** : Pour qu'un écran acoustique soit efficace, il est nécessaire de le placer près de la source ou du récepteur. La hauteur de l'écran et sa distance à la source ou au récepteur sont les paramètres les plus importants pour l'efficacité d'un écran. Plus la barrière est haute et près de la source ou du récepteur, plus la réduction est importante.



- Les buttes de terre sont généralement peu coûteuses, mais peuvent avoir seulement une hauteur de 5-6 m environ.
- Des écrans acoustiques avec des systèmes d'ancrage appropriés pourraient approcher une dizaine de mètres, si nécessaire. Ces écrans peuvent être fabriqués à base de bois ou de dalles de béton préfabriquées. Des matériaux acoustiques absorbants doivent être ajoutés du côté de la source, afin de réduire les réflexions du bruit.

7.3.3 Protection de l'audition des participants ²⁹

Cette section est proposée en complément de la section 3.3 (p. 20). Des exemples aux champs de tir sont proposés dans cette section.

- **Imposer** le port des PAI pour les participants, mais aussi pour les spectateurs.
- **Distribuer** gratuitement des PAI.

➔ **Remarque** : Les recommandations générales (voir section 3.3 (p. 20) propose de **mettre à disposition** des PAI aux participants. En complément, pour les champs de tir, il est nécessaire de les **imposer** aux participants. En effet, les niveaux sonores de certaines armes à feu peuvent atteindre 170 dB(Z). De ce fait, un seul coup de feu sans PAI peut engendrer des pertes auditives immédiates. Les pertes auditives les plus sévères sont la plupart du temps provoquées par une exposition à des bruits impulsionnels de forte amplitude.



- Il est fortement recommandé l'utilisation de la double protection pour les séances de tir, c'est-à-dire le port simultané de bouchons d'oreille avec un casque antibruit, comme le préconise NIOSH.
- Les PAI doivent être portés en tout temps sur les champs de tir. En effet, les PAI ne sont généralement portés par les participants que pendant leurs séances de tir, s'exposant ainsi à de forts niveaux de bruit lors des séances de tir des autres participants.
- Les PAI sont moins utilisés pour d'autres activités de tir, comme la chasse, alors que ces activités représentent aussi un risque de pertes auditives. Cependant, la communication entre les participants de ces activités est importante pour la sécurité et doit être prise en compte.

²⁹ Références : [3], [83], [86-88].

8 Conclusion

Ce guide, à l'intention des MRC, propose un ensemble de recommandations concernant la planification et la gestion du bruit provenant des activités récréatives extérieures. Les valeurs limites et les recommandations proposées dans ce guide sont des pistes d'actions qui doivent être adaptées aux contextes des municipalités (géographique, culturel, social et économique), aux sources de bruit et aux objectifs des activités récréatives. Cependant, il est fortement recommandé d'appliquer les valeurs limites et les actions proposées, qui sont destinées à protéger l'audition des participants et d'adapter, si nécessaire, les valeurs limites préconisées pour les résidents.

L'adaptation et la mise en place des recommandations proposées dans ce guide doivent, pour être efficaces pour une activité donnée, être accompagnées par des professionnels spécialisés en bruit environnemental, comme les consultants ou les opérateurs en acoustique.

Les recommandations et les valeurs limites proposées pour chaque famille d'activités peuvent s'adapter à d'autres activités récréatives ou à d'autres sources de bruit que celles présentées dans ce guide.


Une bonne planification des activités récréatives extérieures et une gestion du bruit adaptée permettent l'amélioration de l'environnement sonore des populations qui résident à proximité de ces activités. Ainsi, tout en profitant d'activités culturelles et sportives, les résidents améliorent leur qualité de vie et les problèmes de santé causés par le bruit sont diminués. De plus, ces actions permettent protéger la santé auditive des participants.


9 Annexe

9.1 Définition du niveau sonore

Le système auditif humain est sensible aux fluctuations de pression autour de la pression atmosphérique (pression acoustique). Ces fluctuations, mesurées en pascal (Pa), peuvent aller de quelques micropascals (1 μ Pa ou 0,000001 Pa) à plusieurs dizaines de pascals (100 Pa). Pour prendre en compte l'importante gamme dynamique de sensibilité à la force sonore du système auditif, il est usuel de représenter la pression acoustique en niveau de pression acoustique (dB) en utilisant une échelle logarithmique. Les propriétés des niveaux sonores en dB sont les suivantes :

- Doublement de sources :


- Masquage :


- Perception : Un individu a une sensation de doublement de force sonore pour un niveau augmenté de 10 dB.

9.2 Échelles des niveaux sonores en dBA

Tableau 8 - Échelle des niveaux sonores et réactions humaines (source : INSPQ [89])

Evenement 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 et à 80 km/h	90	
Réveil-matin, 2 voitures sur l'autoroute, à 10 m et 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 dérange (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

9.3 Caractéristiques spectrale et temporelle d'un bruit

Un bruit est perceptible et identifiable par son amplitude et par ses caractéristiques spectrales et temporelles. La perception d'un bruit par un individu dépend de ces facteurs.

Caractéristiques spectrales	
Bruit en basses fréquences ³⁰	Perception grave < 125 Hz
Bruit en moyennes fréquences	Perception de 125 Hz à 1000 Hz
Bruit en hautes fréquences	Perception aiguë > 1000 Hz
Bruit large bande	Bruit généré sur l'ensemble des fréquences (basses, moyennes et hautes fréquences) (ex. : bruit de la pluie)
Bruit tonal ³¹	Bruit généré avec un son dominant (ex. : sifflements, alarme de recul conventionnelle)
Caractéristiques temporelles	
Bruit aléatoire	Bruit survenant sans régularité dans le temps
Bruit stationnaire	Bruit continu et sans interruption (ex. : bruit d'une pompe ou d'un compresseur)
Bruit impulsionnel ³²	Bruit d'une très courte durée dont le niveau sonore augmente brusquement avant de diminuer rapidement (ex. : bruit d'impact ou tir d'arme à feu)
Bruit fluctuant et périodique ³³	Bruit qui se répète dans le temps (ex. : base rythmique d'une musique provenant de l'extérieur et perçue à l'intérieur d'un logement)

9.4 Propagation du bruit dans l'environnement

Entre la source de bruit et le récepteur (individu), l'onde sonore se propage dans un environnement et peut être modifiée par cet environnement.

Indicateurs	Définitions
Propagation du bruit dans un environnement sans obstacle	
Doublement de distance à la source	Pour un environnement ouvert sans obstacle, le niveau de bruit décroît avec la distance à la source. Le niveau de bruit sera réduit de 6 dB chaque doublement de distance à la source pour une source considérée ponctuelle ³⁴ .
Absorption atmosphérique	Les composantes du bruit basses fréquences se propagent plus loin que les composantes moyennes et hautes fréquences, car elles sont moins atténuées par l'atmosphère.
Propagation du bruit dans un environnement avec obstacle	

³⁰ Bruit jugé dérangeant et considéré comme intrusif par les populations qui le subissent.

³¹ Bruit jugé plus dérangeant qu'un bruit large bande.

³² Bruit jugé comme très dérangeant et pouvant susciter la surprise et la peur.

³³ Bruit généralement jugé comme dérangeant par les populations qui le subissent.

³⁴ Source ponctuelle : simplification courante pour des sources de bruit dont les dimensions caractéristiques sont beaucoup plus petites que la longueur d'onde des bruits qu'elles produisent ou si la mesure est réalisée suffisamment loin de la source.

Phénomènes physiques	Lorsqu'une onde rencontre un obstacle, plusieurs phénomènes physiques peuvent se produire : réflexion (écho, réverbération, résonnance), absorption, diffraction, réfraction, transmission.
Effets	Les composantes basses fréquences du bruit sont plus transmises (par les parois) et moins absorbées (par le sol, la végétation, les matériaux poreux, etc.) que les composantes hautes fréquences.
Influence des conditions météorologiques sur la propagation du bruit	
Vent	La propagation du bruit est influencée par la direction du vent (ex. : vent porteur ou vent contraire).
Température	La propagation du bruit est influencée par la différence de température (gradient de température) présente dans l'atmosphère. Le gradient de température dépend de l'altitude.
Humidité	L'humidité de l'atmosphère favorise la propagation du bruit.

9.5 Indicateurs acoustiques et pondérations fréquentielles

Indicateurs et pondérations	Définitions (définitions mathématiques données par la norme ISO 1996)
Pondérations	
A (dBA)	Cette pondération fréquentielle est définie à l'origine pour représenter la sensibilité de l'oreille pour des niveaux de pression acoustique LP < 55 dB. Cette pondération est maintenant généralisée pour la mesure de niveaux sonores très variés (même pour des niveaux LP > 55 dB).
C (dBC)	Cette pondération fréquentielle est définie à l'origine pour représenter la sensibilité de l'oreille pour des niveaux de pression acoustique LP > 85 dB. Cette pondération est moins utilisée. Elle est cependant utilisée pour caractériser les forts niveaux, les pics sonores et les basses fréquences.
Z (dBZ)	Aucune pondération fréquentielle n'est appliquée. Cette approche est utilisée pour la caractérisation des basses fréquences.
Indicateurs énergétiques	
LP	Niveau de pression acoustique (dB)
LA _{eq T}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré A obtenu sur une période d'acquisition T (temps de la mesure) (dBA)
LC _{eq T}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré C obtenu sur une période d'acquisition T (temps de la mesure) (dBC)
LA _{eq T glissant}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré A défini et calculé à chaque instant t (en temps réel) sur une période d'acquisition totale T (temps de la mesure) (dBA)
LC _{eq T glissant}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré C défini et calculé à chaque instant t (en temps réel) sur une période d'acquisition totale T (temps de la mesure) (dBC)
LZ _{eq T à 63 Hz}	Niveau de pression acoustique équivalent continu sans pondération obtenu sur une période d'acquisition T (temps de la mesure) sur la bande d'octave centrée à 63 Hz (dB ou dBZ)
LAR _T	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré A et corrigé en fonction de la nature du bruit (spectrale ou temporelle) obtenu sur une période d'acquisition T (temps de la mesure) (dBA)
L _{extérieur, nuit}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré A LA _{eq T} mesuré en extérieur sur une période d'acquisition T (temps de mesure) correspondant à la période de nuit, définie de 23 h à 7 h par l'OMS (dBA)

LD _{en}	Niveau de pression acoustique équivalent continu pondéré A LA _{eq,T} et corrigé en fonction de la période de la journée et mesuré sur une période d'acquisition T (temps de mesure) de 24 heures en période de jour d, de soir e et de nuit n. Des corrections en décibel (dB) s'appliquent par addition arithmétique sur les niveaux mesurés le soir (+5 dB) et la nuit (+10 dB). Les niveaux des trois périodes sont ensuite sommées de manière logarithmique (dBA).
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Indicateurs	Définitions
Indicateurs de crêtes et max	
LAS _{max}	Niveau de pression acoustique maximal pondéré A obtenu pendant la période de mesure avec un temps d'intégration lent S égal à 1 s (dBA)
LAF _{max}	Niveau de pression acoustique maximal pondéré A obtenu pendant la période de mesure avec un temps d'intégration rapide F égal à 125 ms (dBA)
LAL _{max}	Niveau de pression acoustique maximal pondéré A obtenu pendant la période de mesure avec un temps d'intégration rapide I égal à 35 ms (dBA)
LC _{peak}	Niveau de pression acoustique instantané maximal (crête ou pic) avec pondération C obtenu pendant la période de mesure (dBC)
LZ _{peak}	Niveau de pression acoustique instantané maximal (crête ou pic) sans pondération obtenu pendant la période de mesure (dB ou dBZ)
Émergence	
Émergence	Différence arithmétique entre le niveau sonore avec source perturbatrice et le niveau sonore ambiant (sans source perturbatrice) (dBA)

9.6 Mesure du bruit

9.6.1 Général

Spécificités sur les équipements, l'emplacement et les conditions des mesures	
Équipements³⁵	
Sonomètre	Utiliser un sonomètre de classe 1 (IEC 61672) pour mesurer des valeurs réglementaires (prix variant de 4 000 \$ à 12 000 \$).
	Utiliser un sonomètre de classe 2 (IEC 61672) pour des mesures ponctuelles (prix variant de 150 \$ à 800 \$).
	Louer un sonomètre (et calibre) pour des mesures ponctuelles [60].
Étalonnage et vérification	Le sonomètre doit être étalonné avant chaque mesure et vérifié après chaque mesure par un calibre normalisé à 94 dB ou 114 dB à 1 kHz.
	Le sonomètre doit également être étalonné en laboratoire au moins une fois par an.
Emplacement des mesures³⁶	
Hauteur	Le microphone du sonomètre doit être placé à 1,2-1,5 m par rapport au sol pour des mesures ponctuelles (sauf indication contraire).

³⁵ Un sonomètre de classe 2 peut être utilisé, à condition qu'il ne sature pas lors des mesures et que celui-ci réponde aux exigences de la réglementation.

³⁶ Afin d'éviter toute dégradation ou tout vol.

	Le microphone du sonomètre doit être placé à 4 m par rapport au sol pour des mesures fixes à long terme (ou pour les bâtiments de plusieurs étages).
Surfaces réfléchissantes	Le sonomètre doit être placé à plus de 3,5 m de toutes surfaces réfléchissantes (sauf indication contraire).
Conditions des mesures ³⁷	
Vitesse du vent	Les mesures ne peuvent pas être effectuées lorsque le vent dépasse 20 km/h.
Précipitation	Les mesures ne peuvent pas être effectuées en présence de précipitations (pluie, neige, etc.).
État du sol	Le sol doit être exempt d'eau, de neige et de glace.
Humidité	Les mesures doivent être effectuées lorsque l'humidité relative est de 5 % à 90 % (voir les spécificités recommandées par le fournisseur de l'appareil de mesure).
Température	Les mesures doivent être effectuées lorsque les températures sont de -10 °C à 50°C (voir les spécificités recommandées par le fournisseur de l'appareil de mesure).

9.6.2 Méthode statique pour les circuits de course de véhicules motorisés

La méthode statique est similaire à celle présentée dans la norme ISO 5130. Le microphone est placé à une distance fixe par rapport à la sortie d'échappement (voir Figure 6).

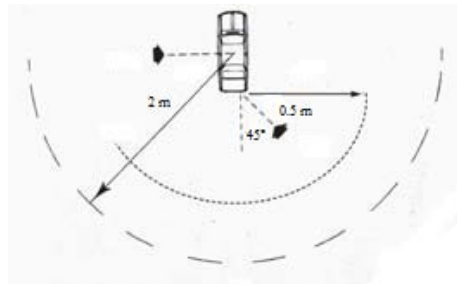


Figure 6 – Description des mesures pour la méthode statique

Les paramètres de mesures recommandés sont ([66] [27] [71]) :

- Distance de mesure à la source : 0,5 m ou 2 m (pour les sorties d'échappement non visibles);
- Angle de mesure par rapport au flux d'échappement : 45°;
- Hauteur de mesure par rapport au sol : 0,2 m.

Il est recommandé pour les véhicules dont les caractéristiques d'échappement sont les suivantes ([27] [67]) :

- **Plusieurs sorties d'échappement** : la mesure doit être répétée à chaque sortie d'échappement;
- **Des sorties d'échappement non visibles** : la mesure doit être effectuée à une distance de 2 m du centre du véhicule et à une hauteur de 1,2 m au-dessus du sol.

³⁷ Les mesures polluées par des bruits parasites doivent être écartées (coup dans le sonomètre, bruit de l'opérateur, discussions à proximité du microphone, etc.). Les sonomètres de classe 2 ne permettent pas a priori d'enregistrement sonore. Ainsi, il est recommandé d'utiliser des sonomètres de classe 1 avec enregistrement audio.

Pour limiter l'influence des surfaces réfléchissantes sur les mesures, les distances suivantes sont recommandées [27] [67] :

- **Pour la mesure à la sortie d'échappement** : le point de mesure doit être à une distance minimale de 3 m des surfaces réfléchissantes;
- **Pour la mesure au centre du véhicule** : le point de mesure doit être à une distance minimale de 10 m des surfaces réfléchissantes.

9.6.3 Méthode dynamique pour les circuits de course de véhicules motorisés

Cette méthode est similaire à celle présentée dans la norme ISO 362-1:2015 (voir Figure 7) pour la mesure du bruit produit par les véhicules routiers en accélération.

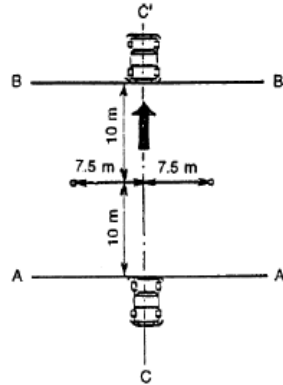


Figure 7 - Points de mesure de la norme ISO 362-1:2015

Il est recommandé d'effectuer les mesures au bord de la piste :

- Du côté le plus près des endroits sensibles au bruit [26];
- En ligne droite (les véhicules y produisent généralement le plus de bruit) [66] [27];
- À une distance fixe de 10 à 20 m [66] [26] [69] [70] [74].



➔ **Remarque** : Une distance inférieure ou égale à 15 m est généralement recommandée pour distinguer le bruit généré par chaque véhicule et pour minimiser la contribution d'autres sources sur la mesure [26] [66] [70].

➔ **Remarque** : Le point de mesure et la valeur limite peuvent être définis à partir d'une étude de l'impact du bruit dans les endroits sensibles (modélisation de la propagation sonore) [66] [69].

9.7 Étude acoustique et enquête pour la protection des endroits sensibles

9.7.1 Étude acoustique

Les études acoustiques peuvent être menées suivant deux approches complémentaires.

- **Approches expérimentales** (ou mesures de propagation) : Elles consistent à effectuer des mesures avec un sonomètre entre la source et les endroits sensibles au bruit. Une source artificielle peut être aussi utilisée pour cette approche.

Pour les mesures à la source, la distance à la source ne doit pas être trop grande, afin de conserver un bon rapport signal sur bruit [3].



Exemples de mesures de propagation pour les champs de tir :

- **Corrélation du niveau mesuré à proximité de la source (arme à feu) avec celui mesuré dans les endroits sensibles au bruit**

Une interpolation logarithmique permet, à partir de mesures (et de calculs) de niveaux à la source et à plusieurs distances de celle-ci, d'estimer le niveau sonore dans les endroits sensibles (voir Figure 8).

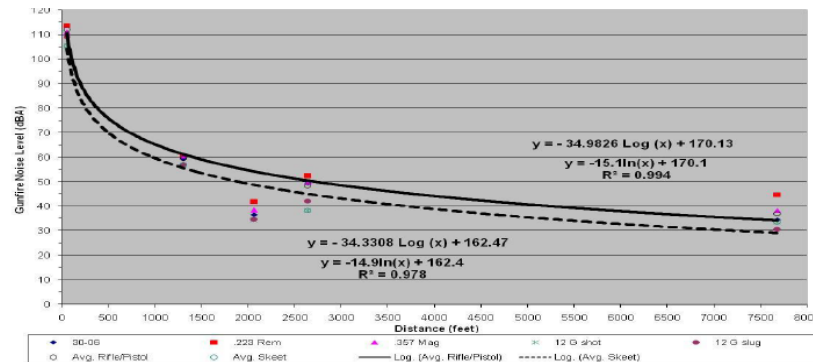


Figure 8 – Modèle de prédiction du bruit généré par arme à feu obtenu par méthode expérimentale [3]

- **Prédiction du risque de dépassement des valeurs limites réglementaires dans les endroits sensibles au bruit**

L'émergence de bruit par rapport au bruit ambiant (sans activité) peut être estimée en fonction du nombre de tirs et de leur durée.

- **Approches numériques :** Des modèles numériques de propagation acoustique sont utilisés pour définir des cartes de bruit des endroits sensibles au bruit.

Ces modèles numériques permettent :

- D'anticiper l'influence des conditions météorologiques (vent, température, pression atmosphérique et taux d'humidité relative) sur l'environnement sonore. Les configurations météorologiques les plus défavorables pour l'environnement sonore des résidents peuvent être ainsi anticipées;
- D'aider à la définition de valeurs limites objectives;
- D'optimiser l'aménagement du site (nombre, position et orientation des sources);
- D'étudier l'efficacité des solutions de réduction (comme les écrans acoustiques), et de choisir les bonnes solutions;
- De mettre en place une cartographie adaptative pour une surveillance des niveaux sonores lors des activités ou des événements.

La modélisation doit ainsi, pour être réaliste, prendre en compte les conditions météorologiques comme le vent, la température, la pression atmosphérique et le taux d'humidité relative. Il est également nécessaire de connaître la directivité des sources (équipements sonores). Ainsi, une collaboration entre le sonorisateur de l'événement et le consultant en acoustique responsable de la modélisation est recommandée. Quand cela est possible, il est également recommandé d'effectuer des mesures acoustiques sur le terrain, afin d'ajuster le modèle.



Exemples intégrant des modélisations pour la musique et les sons amplifiés :

- **Définition de solutions de réduction du bruit**

Une modélisation numérique a permis de proposer le réaménagement d'un amphithéâtre extérieur (orientation de la scène et répartition des équipements sonores) sur l'endroit des événements, afin de minimiser l'impact du bruit dans les endroits sensibles [55].

- **Préétude de conformité relative aux valeurs limites réglementaires et à la définition de solutions de réduction du bruit**

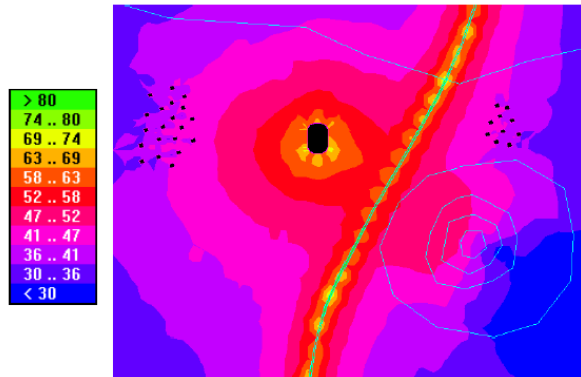


Figure 9 – Propagation numérique du bruit de la source équivalente dans l'environnement [63]

Des outils numériques permettent de simuler la propagation du bruit dans différents environnements pour différentes sources de bruit (ex. : ferroviaire, routier, etc.). Cependant, la modélisation de l'environnement sonore comprenant des bâtisses volumineuses est complexe. Une étude [90] propose une méthodologie combinant deux logiciels de tir de rayon. Le premier est destiné à caractériser l'endroit de diffusion (stade) comme une source sonore équivalente en prenant en compte la géométrie de l'endroit, les propriétés des matériaux et les sources sonores présentes sur le site (concerts de musique, mais aussi matchs de soccer). La source sonore équivalente est ensuite implantée dans un second logiciel, afin de prendre en compte la topographie des alentours du site, ainsi que les routes et les bâtiments. Les conditions météorologiques sont prises en compte (voir Figure 9). Ces études permettent de vérifier la conformité d'un événement aux valeurs limites réglementaires et de définir des solutions de réduction du bruit.

▫ **Modélisation pour la définition de valeurs limites objectives**

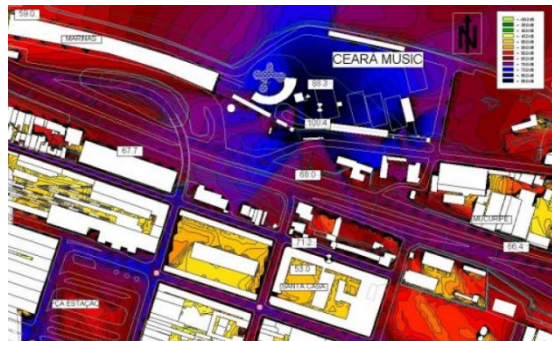


Figure 10 – Cartographie du bruit lors d'un événement musical extérieur [64]

Une étude [91] propose de modéliser la propagation du bruit pour observer l'impact de la musique amplifiée à l'extérieur dans les endroits sensibles (ex. : hôpitaux). Un exemple de cartographie obtenu est présenté dans la Figure 10. L'analyse de cette étude peut fournir une aide stratégique pour définir des valeurs limites objectives permettant l'amélioration de l'environnement sonore.

Exemples intégrant des modélisations acoustiques pour les champs de tir

Pour définir les endroits sensibles au bruit (ex. : résidences, écoles, garderies, hôpitaux, etc.) et anticiper les impacts d'un champ de tir sur l'environnement sonore des endroits sensibles, une

cartographie du bruit a été effectuée pour tous les sites militaires d'entraînement (voir exemple [8] à la Figure 11).

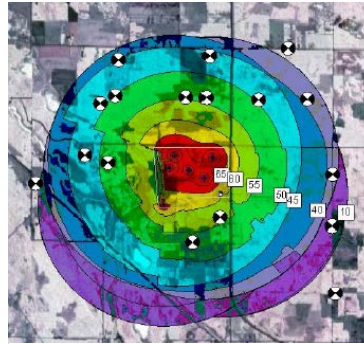


Figure 11 - Modèle numérique de propagation sonore du bruit généré par un champ de tir [3].

9.7.2 Enquête de dérangement

Pour étudier et comprendre le dérangement provoqué par le bruit des activités récréatives, des enquêtes auprès des résidents peuvent être réalisées. La norme internationale ISO 15666:2003 propose d'évaluer le dérangement selon deux approches d'évaluation :

- Évaluation du degré de dérangement sur une échelle de 0 à 10 points ;
- Évaluation du dérangement sur 5 points, allant de « pas dérangé » à « extrêmement dérangé ».

Le questionnaire de l'enquête peut être conçu en s'inspirant du questionnaire pour l'*Enquête québécoise sur la santé de la population* (p. 49) [92], mais doit être adapté à la source de bruit étudiée. Cette enquête doit être réalisée par un organisme indépendant (n'ayant aucune relation professionnelle ni d'intérêt avec les promoteurs des activités récréatives étudiées).

9.8 Solutions prometteuses à surveiller

9.8.1 Réduction de bruit par contrôle actif

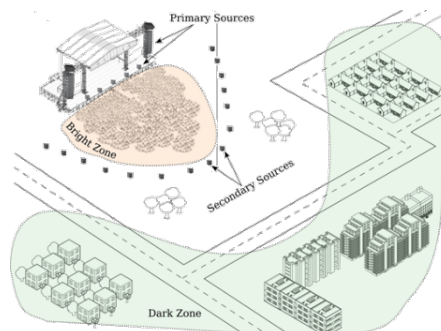


Figure 12 – Déploiement d'endroits sonores pour les événements musicaux extérieurs par contrôle actif [103]

En Europe, le projet européen MONICA (en cours d'expérimentation) propose le développement d'un système de contrôle actif permettant de contrôler le champ sonore en basses fréquences ([62] [93]). Ce système permet d'obtenir un champ sonore optimisé dans l'endroit où se trouvent les

participants (appelée « Bright Zone » sur la Figure 12), tout en réduisant le niveau du bruit provenant de l'activité dans les sections voisines (appelées « Dark Zone » sur la Figure 12). Deux ensembles d'équipements de diffusion sonore sont nécessaires : les sources primaires (appelées « Primary Sources » sur la), représentées par les équipements de diffusion sonore sur le devant de la scène, et les sources secondaires (appelées « Secondary Sources » sur la Figure 12), représentées par des équipements de diffusion sonore à l'arrière du public. Plusieurs prototypes ont permis de réduire jusqu'à 14 dB les niveaux des basses et moyennes fréquences (jusqu'à 1 kHz) dans les sections voisines [58] [94].

9.8.2 Mesures des niveaux sonores par téléphones intelligents

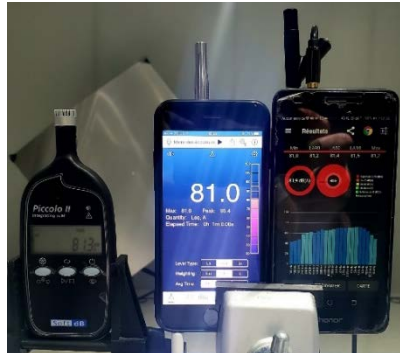


Figure 13 - Comparaison entre des téléphones intelligents munis d'un microphone externe et un sonomètre de Classe II en chambre réverbérante.

Il est possible à présent de mesurer les niveaux sonores par téléphones intelligents. Une équipe du NIOSH a comparé les niveaux sonores obtenus avec un sonomètre professionnel et des téléphones intelligents munis de microphone externe [95]. Les niveaux sonores mesurés par les téléphones calibrés se situaient à ± 1 dB des valeurs de référence mesurées avec un sonomètre (voir exemple à la Figure 13). Les téléphones intelligents avec microphone externe ne peuvent se substituer à des sonomètres (de classes 1 et 2) respectant les normes. Cependant, le faible coût des microphones externes (de 60 \$ à 150 \$) rend cette solution abordable, efficace et utilisable pour tous, à condition que les appareils (ou systèmes : téléphones et microphones) soient étalonnés avant et vérifiés après chaque série de mesures.

Le projet MONICA propose de faire participer les spectateurs et le voisinage à la mesure de leur exposition sonore à l'aide de leur téléphone. Les niveaux sont relevés et les coordonnées GPS. Les données recueillies ne représentent qu'une estimation des niveaux sonores, car ces appareils ne sont pas nécessairement calibrés. Les données sont collectées grâce à une plateforme d'objets connectés, et sont complétées par des mesures effectuées par des sonomètres calibrés et placés à des endroits stratégiques [62].

Références

- [1] MARTIN R., P. DESHAIES et M. POULIN. *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental: pour des environnements sonores sains*, INSPQ, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie et Bibliothèque numérique canadienne, 2015.
- [2] SASHRA, S., et autres. « Noise Exposure and Hearing Loss among Student Employees Working in University Entertainment Venues », *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 46, n° 5, 2002, pp. 445-463, doi: 10.1093/annhyg/mef051.
- [3] THALHEIMER, E., R. GREENE et R. BOUDRIE. *Recreational gun range noise – the price of freedom*, 2009, p. 9.
- [4] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Environmental noise guidelines for the European Region*, European Region, 2018.
- [5] DRUMMOND, C. C., et autres. *Impacts of Leisure Activity Noise Levels, Revised (A Case Study)*, Natl. Conf. Undergrad. Res., 2013, p. 8.
- [6] GAETA, L. et A. B. JOHN. « Work Out Your Body, Not Your Ears! », *Audiol. Today*, vol. 28, n° 6, 2016, p. 10.
- [7] BURGESS, M. et W. WILLIAMS. *Noise management plans for leisure noise?*, 2009, p. 6.
- [8] NORDIN, L. R., R. KLAEBOE et A. H. AMUNDSEN. *Annoyance from small firearms shooting noise: A field study in Norway*, 2015, p. 12.
- [9] FIDELL, S., et autres. « The Noisiness of Impulsive Sounds », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 48, n° 6A, décembre 1970, pp. 1304-1310, doi: 10.1121/1.1912277.
- [10] SESHAGIRI, B. V. « Reaction of communities to impulse noise », *J. Sound Vib.*, vol. 74, n° 1, janvier 1981, pp. 47-60, doi: 10.1016/0022-460X(81)90490-9.
- [11] HURTLEY, C. et WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization Europe, Copenhague, Danemark, 2009.
- [12] BERGLUND, B., T. LINDVALL et D. H. SCHWELA. *Guidelines for Community Noise*, World Health Organization, Genève, 1999.
- [13] HURTLEY, C. et WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization Europe, Copenhague, Danemark, 2009.
- [14] WELTGESUNDHEITSORGANISATION ET REGIONALBÜRO FÜR EUROPA. *Environmental noise guidelines for the European Region*. 2018.
- [15] OTTOZ, E., L. RIZZI et F. NASTASI. « Recreational noise: Impact and costs for annoyed residents in Milan and Turin », *Appl. Acoust.*, vol. 133, avril 2018, pp. 173-181, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.12.021.
- [16] PARNELL, J. et A. HARTCHER. *Setting noise objectives for outdoor events at the Sydney Opera House*, *Acoustics*, 2017, p. 8.
- [17] MARCHUK, A. et F. HENRY. *Regulatory Strategies for Managing Noise from Outdoor Music Concerts*, *Acoustics*, 2016, p. 10.
- [18] *Code of Practice and Guidance Notes on Noise Control for Concerts and Outdoor Events*, Guidance Notes, Bath & North East Somerset Council, 2012.
- [19] GRANNEMAN, J. H. « Noisy large events: overview of regulations in different countries », *Internoise*, 2012, p. 14.
- [20] *Control of music noise from public premises*, Environmental Protection Act, Victoria, Australie, 1989.
- [21] *Noise Guide for Local Government*, Environmental Protection Authority, New South Wales, Australie, 2013.
- [22] *Code of Practice on Environmental Noise Control at Concerts*, The Noise Council, Londres, 1995.
- [23] GULDVOG, B. *Musikkanlegg og helse – Veileder til arrangører og kommuner*, Helsedirektoratet, Veileder IS-0327, 2011.
- [24] *Operating Procedure Event Noise Mitigation – Standard Operating Procedures*, Adelaide City Council, South Australia, Australie, 2014.
- [25] *Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes*, Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, Deutschland, Regulierung, 1991.
- [26] *Règlement concernant le bruit sur le territoire de la ville de Mont-Tremblant*, Réglementation 53, Ville de Mont-Tremblant, Québec, 2003.
- [27] SNELLGROVE, I. « Motor racing noise – The issues we face », *Noise Control Eng. J.*, vol. 47, n° 4, juillet 1999, pp. 150-152, doi: 10.3397/1.599300.
- [28] *Bilan expérience-pilote – Gestion du bruit au parc Jean-Drapeau*, Parc Jean-Drapeau, Ville-Marie, Saint-Lambert, Montréal, 2018.
- [29] *Règles d'utilisation des espaces publics du Quartier des Spectacles*, Quartier des Spectacles, Montréal, Québec.
- [30] *Règlement relatif à l'administration et à la gestion de l'événement spécial: Festival Western*, Réglementation 368, Ville de Saint-Tite, Québec, 2015.

- [31] *Plan de gestion du bruit – Tenue d'événements avec diffusion sonore sur le domaine public*, arrondissement de Ville-Marie, Montréal, Québec, 2015.
- [32] *Règlements généraux, Drummondville – Capitale du développement*, [En ligne], 2016, <https://www.drummondville.ca/citoyens/reglements-municipaux/reglements-generaux/> (page consultée le 18 novembre 2019).
- [33] *Règlement général*, Réglementation 1, Ville de Sherbrooke, Québec, 2019.
- [34] *Règlement général applicable par la Sûreté du Québec*, Réglementation G200, Ville de Saint-Pie, Québec, 2012.
- [35] *Règlement portant sur les nuisances*, Réglementation RMH-450, Ville de Salaberry-de-Valleyfield, Québec, 2011.
- [36] *Environmental Protection (Noise) Regulations*, Environmental Protection Act, Western Australia, Australie, 1997.
- [37] *Entertainment Venues and Events*, Brisbane City Council Local Law Policy, Queensland, Australie, 1999.
- [38] KWOK, K. T. et K. W. CHENG. « Control of noise from public entertainment activities in Hong Kong », *Internoise*, 2014, p. 5.
- [39] *Guidelines for concerts, events and organised gatherings*, Department of Health, Western Australia, Australie, 2009.
- [40] MULDER, J. « Amplified Music and Sound Level Management: A Discussion of Opportunities and Challenges », *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 64, n° 3, mars 2016, pp. 124-131, doi: 10.17743/jaes.2015.0095.
- [41] TRONSTAD, T. V. et F. B. GELDERBLOM. « Sound exposure during outdoor music festivals », *Noise Health*, vol. 18, n° 83, 2016, p. 220, doi: 10.4103/1463-1741.189245.
- [42] DIJCKMANS, A. et L. D. GEETERE. *Aperçu de la réglementation en matière d'acoustique environnementale en Belgique*, Centre scientifique et technique de la construction (CSTC), Belgique, 2018.
- [43] *Arrêté du gouvernement de la région Bruxelles-Capitale fixant les conditions de diffusion du son amplifié dans les établissements ouverts au public*, gouvernement de la région Bruxelles-Capitale, région de Bruxelles-Capitale, Belgique, 2017.
- [44] *Order of the Flemish Government concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety (VLAREM II)*, Flemish Region, Belgique, 2014.
- [45] *Arrêté du gouvernement wallon fixant les conditions de diffusion du son amplifié électroniquement dans les établissements ouverts au public*, Service public de Wallonie, région de Wallonie, Belgique, 2018.
- [46] MERCIER, V., D. LUY et B. W. HOHMANN. « The Sound Exposure of the Audience at a Music Festival », *Noise Health*, 2003, p. 8.
- [47] *Ordonnance sur la protection contre les nuisances sonores et les rayons laser lors de manifestations*, Conseil fédéral suisse, Suisse, 2007.
- [48] OLLANDINI, D. et N. COMMEAU. *Décret n° 2017-1244 du 7 août 2017 relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés*, 2017.
- [49] *Décret n° 2006-1099 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique*, ministère de la Santé et des Solidarités, France, 2006.
- [50] *Outdoor concert noise – Environment protection policy*, Australian Capital Territory Government, 2001.
- [51] *Guidance on noise control for open air concerts and events*, Manchester City Council, Manchester, 2018.
- [52] NOISE COUNCIL, *Code of Practice on environmental noise control at concerts*, Noise Council, 1995.
- [53] AGISON, *Méthodologie de mesures du niveau sonore maximum en tout point accessible au public à partir de mesures en point fixe à la console titre*, [En ligne], 2018, <http://www.bruit.fr/images/stories/pdf/180614-annexe-avis-CNB-fiche-technique.pdf> (page consultée le 5 novembre 2018).
- [54] *Décret n° 2017-1244 relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés*, ministère de la Santé et des Solidarités, France, 2017.
- [55] GÉRARD, A., et autres. *Étude acoustique pour l'amphithéâtre extérieur du parc Jean-Drapeau*, Soft dB, Parc Jean-Drapeau, Montréal, 2017.
- [56] BRAMBILLA, G., et autres. « The management of recreational noise in Rome », *Internoise*, 2010, p. 9.
- [57] BEACH, E. F., J. MULDER et I. O'BRIEN. *Development of guidelines for protecting the hearing of patrons at music venues: Practicalities, pitfalls, and making progress*, 2018. p. 5.
- [58] HEUCHEL, F. M., et autres. « An adaptive, data driven sound field control strategy for outdoor concerts », *AES Int. Conf. Sound Reinf.*, 2017, p. 12.
- [59] BALLESTEROS, M. J., M. D. FERNÁNDEZ et J. A. BALLESTEROS. « Acoustic evaluation of leisure events in two mediterranean cities », *Appl. Acoust.*, vol. 89, mars 2015, pp. 288-296, doi: 10.1016/j.apacoust.2014.09.022.
- [60] HOHMANN, B. W., V. MERCIER et I. FELCHIN. « Effects on hearing caused by personal cassette players, concerts, and discotheques and conclusions for hearing conservation in Switzerland », *Noise Control Eng. J.*, vol. 47, n° 5, 1999, p. 163, doi: 10.3397/1.599305.

- [61] BROWN, P. J. et R. D. YEAROUT. « Impacts of leisure activity noise levels on safety procedures and policy in the industrial environment », *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 7, n° 4, juillet 1991, pp. 341-346, doi: 10.1016/0169-8141(91)90081-V.
- [62] VINCENT, B., et autres. *MONICA, a European project focused on the Internet of Things for the acoustic quality and safety of outdoor large scale events*, 2018, p. 11.
- [63] BELLEC, S. « Une réglementation pour mieux préserver la santé auditive : comment l'appliquer? », présenté à Journée CldB, Sons amplifiés, Eurockéennes de Belfort, 2018.
- [64] *Comment bien mettre ses bouchons d'oreille?* Santé publique France, 2017.
- [65] COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE DES NATIONS UNIES (CEE-ONU). *Règlement n° 117 concernant les prescriptions uniformes relatives à l'homologation des pneumatiques en ce qui concerne les émissions de bruit de roulement et l'adhérence sur sol mouillé et/ou la résistance au roulement*, 2011, p. 61.
- [66] KAISER, X. et J.-J. EMBRECHTS. « Analysis of different approaches to the management of motor sports noise and application to an international racing track », *Internoise*, 2007, p. 8.
- [67] MATTHEE, M. *The Road Towards Environmental Sustainability in Motorshop*, Guide Motorsport South Africa, 2015.
- [68] BURGESS, M. « Approaches to Management of Motor Sports Noise », *Internoise*, 2005, p. 6.
- [69] WATSON, A. E. et F. L. WATSON. *M Sport 10yr Master Plan Including M Sport Evaluation Centre*, Acoustic Consultancy Services, Noise Management Plan Strategy, Royaume-Uni, 2014.
- [70] WATSON, A. *A positive method for the control of the environmental impact of motor sport noise*, 2007, p. 5.
- [71] AUCHER, L. « Les circuits de sport mécanique, un statut particulier vis-à-vis du bruit », *Environnement & Technique*, vol. hors série, 2017, pp. 41-42.
- [72] *Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent*, note d'instructions 98-01 LRQ (c. Q-2), articles 20 et 22, Québec, Canada, 2006.
- [73] WATSON, A. E. « Research into the control of motor sport noise », *Internoise*, 1996, p. 6.
- [74] Ibanez, Y. *Exposition au bruit des spectateurs et risques auditifs : le Grand Prix de France moto et les 24 H du Mans auto*, mémoire, École des hautes études en Santé publique, France, 2009.
- [75] KARDOUS, C. A. et T. C. MORATA. « Occupational and recreational noise exposures at stock car racing circuits: An exploratory survey of three professional race tracks », *Noise Control Eng. J.*, vol. 58, n° 1, 2010, p. 54, doi: 10.3397/1.3270506.
- [76] *Accident mortel à Pont-Rouge*, [En ligne], 2009, <https://www.dragracequebec.com/articles-dragracequebec-com/accident-mortel-a-pont-rouge/> (page consultée le 14 avril 2019).
- [77] RADIO-CANADA. *Des opposants à la piste d'accélération*, [En ligne], 2009, <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/438956/piste-acceleration-bruit> (page consultée le 4 décembre 2019).
- [78] PAAKKONEN, R. et I. KYTTAIA. « Noise control of pyrotechnic devices used in leisure time activities », *Internoise*, 1996, p. 4.
- [79] KUKULSKI, B., T. WSZOLEK et D. MLECZKO. « The Impact of Fireworks Noise on the Acoustic Climate in Urban Areas », *Arch. Acoust.*, vol. 43, n° 4, 2018, p. 9.
- [80] *Directive 2013/29/EU of the European Parliament and of the Council of 12 June 2013 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of pyrotechnic articles*, 2013, p. 39.
- [81] TANAKA, T., R. INABA et A. AOYAMA. « Noise and low-frequency sound levels due to aerial fireworks and prediction of the occupational exposure of pyrotechnicians to noise », *J. Occup. Health*, vol. 58, n° 6, 2016, pp. 593-601, doi: 10.1539/joh.16-0064-OA.
- [82] RESSOURCES NATURELLES CANADA. *Manuel de l'artificier*, 2010.
- [83] HALE, M. E. *Exposure to recreational/occupational shooting range noise vs. industrial impulsive noise*, 2010, p. 6.
- [84] AREZES, P. M. et M. C. MACEDO. *Individual noise exposure in shooting sites*, 2005, p. 10.
- [85] BULLEN, R. B., A. J. HEDE et R. F. S. JOB. « Community Reaction to Noise from an Artillery Range », *Noise Control Eng. J.*, vol. 37, n° 3, 1991, p. 115, doi: 10.3397/1.2827800.
- [86] AUSTRALIAN ACOUSTICAL SOCIETY. « Protecting recreational users of firearms from impulsive noise », *Acoust. Aust.*, vol. 40, n° 2, 2012.
- [87] CSA. *Hearing protection devices – Performance, selection, care, and use*, Z94.2-14, [En ligne], 2015, https://webstore.ansi.org/Standards/CSA/CSAZ942014?gclid=Cj0KCQiAwP3yBRcKARIsAABGiPp3UC HGCTQWzP7hSaG7OVnBBIQVQmSIYurBKavzju5HSHmPXPEAk2saAg_dEALw_wcB.
- [88] AXELSSON, A. « Recreational exposure to noise and its effects », *Noise Control Eng. J.*, vol. 44, n° 3, 1996, p. 127, doi: 10.3397/1.2828394.
- [89] MARTIN, R. et M. GAUTHIER. *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie*, Guide, Institut national de santé publique, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, septembre 2018.
- [90] Rougier, C., et autres. « Acoustic environmental impact of stadiums », *Internoise*, 2010, p. 10.

- [91] BRITO, F. A. C. et J. L. B. COELHO. « The Fortaleza noise mapping project – A tool for the strategies of knowledge and control of noise in the municipality and the new perception for the control of big music events », *Int. Congr. Acoust. ICA*, 2010, p. 5.
- [92] INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC. *Enquête québécoise sur la santé de la population*, 2016.
- [93] *Applications for sound monitoring and control, MONICA Project*, [En ligne], <https://www.monica-project.eu/sound-monitoring-control-applications/> (page consultée le 2 décembre 2019).
- [94] HEUCHEL, F. M., et autres. *Sound field control for reduction of noise from outdoor concerts*, 2018, p. 9.
- [95] KARDOUS, C. A. et P. B. SHAW. « Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones—A follow-up study », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 140, n° 4, octobre 2016, pp. EL327-EL333, doi: 10.1121/1.4964639.