

Ville de Montréal

**Étude et recommandations acoustiques et
vibratoires pour le secteur
Namur-de-la-Savane à Montréal – Assistance
au schéma d'aménagement**

Rapport Final

Étude et recommandations acoustiques et vibratoires pour le secteur Namur-de-la-Savane à Montréal – Assistance au schéma d'aménagement

Rapport

Préparé par :

Raphaël Duee, ing. M.Ing

Mesures acoustiques et vibratoires réalisées par
Anne Boiret, professionnelle de l'acoustique,
et François Noël, ing. Jr., M.ScA.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE	1
1 INTRODUCTION	4
1.1 Mise en contexte	4
1.2 Mandat	4
1.3 Méthodologie générale	5
1.4 Description du site	5
2 ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET ÉTAT DE L'ART	7
2.1 Définition des critères acoustiques et vibratoires	7
2.2 Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)	8
2.3 Association des chemins de fer du Canada et la Fédération canadienne des municipalités (ACFC/FCM)	9
2.4 Office des transports du Canada	11
2.5 Santé Canada et Organisation mondiale de la Santé	12
2.6 Département des Transports des É.-U. (<i>Federal Transit Administration - FTA</i>)	13
2.7 Règlement provincial du Québec.....	14
2.8 USBM : Valeurs guides vibratoires	14
2.9 RATP : Valeurs guides pour la perception du bruit solidien	14
2.10 Gouvernement de l'Australie du Sud (<i>Department of Planning, Transport and Infrastructure</i>)	15
2.11 Critères retenus	15
3 ÉTUDE ACOUSTIQUE.....	17
3.1 Description des mesures acoustiques	17
3.2 Résultats des mesures acoustiques	17
3.3 Analyse du climat sonore existant	22
3.4 Méthode de simulation acoustique	23
3.5 Résultats et analyse des simulations acoustiques générales.....	27
3.6 Résultats et analyse de l'étude de la couverture partielle de l'autoroute A15.....	41
3.7 Conclusion.....	47
4 ÉTUDE VIBRATOIRE.....	49
4.1 Description des méthodes de mesure et de calcul vibratoires.....	49
4.2 Résultats des mesures vibratoires.....	49

4.3	Résultats des simulations vibratoires.....	52
4.4	Analyse et conclusion.....	55
5	RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDUCTION DU BRUIT.....	56
5.1	Réduction du bruit à la source.....	56
5.1.1	Amélioration de la surface de roulement.....	56
5.1.2	L'onde verte.....	57
5.1.3	Réduction de la vitesse.....	57
5.2	Réduction du bruit à la transmission.....	58
5.2.1	Barrière anti-bruit.....	58
5.2.2	Couverture des voies.....	59
5.2.3	Optimisation de la façade.....	59
5.3	Aménagement urbain.....	60
5.3.1	Aménagement de la voie routière.....	60
5.3.2	Position relative des bâtiments.....	61
6	RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDUCTION DES VIBRATIONS.....	63
6.1	Réduction des vibrations à la source.....	63
6.2	Réduction des vibrations à la transmission.....	64
7	SYNTHÈSE ET CONCLUSION GÉNÉRALES.....	65
7.1	Repérage des zones perturbées.....	65
7.2	Synthèse des recommandations pour le cas particulier du territoire d'étude.....	65
7.3	Perspectives.....	69

FIGURES

Figure 1	Site d'étude.....	6
Figure 2	Transmission des vibrations et ré-émission du bruit solide.....	8
Figure 3	Mesures d'atténuation minimales recommandées par l'ACFC/FCM pour des aménagements résidentiels à proximité d'une ligne ferroviaire principale	11
Figure 4	Critère d'impact du bruit pour les projets de transport en commun.....	13
Figure 5	Seuil limite de vitesse vibratoire pour la perception du bruit solide	15
Figure 6	Emplacement des points de mesure acoustique et vibratoire.....	19
Figure 7	Modèle général de simulation utilisé pour le calcul des niveaux de bruit.....	25
Figure 8	Modèle de simulation de la couverture de l'Autoroute A15 utilisé pour le calcul des niveaux de bruit.....	26
Figure 9	Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$)	29
Figure 10	Carte de la contribution au niveau sonore du bruit routier sur 24h ($L_{eq,24h}$)	31
Figure 11	Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$)	33
Figure 12	Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de jour ($L_{eq,7h23h}$).....	35
Figure 13	Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de nuit ($L_{eq,23h7h}$).....	37
Figure 14	Carte de la contribution maximum au niveau sonore du bruit ferroviaire sur un passage de train (L_{max}).....	39
Figure 15	Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 non couverte (ponts actuels) et l'ajout des bâtiments futurs à proximité	43
Figure 16	Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 couverte sur une distance de 130 mètres et l'ajout des bâtiments futurs à proximité	45
Figure 17	Niveaux de vitesse vibratoire, en tiers d'octave et en m/s, mesurés dans le sol au point PV3 pour différents types de train	50
Figure 18	Mobilités calculées aux différentes distances, tiers d'octave en $m.s^{-1}/N$	50

Figure 19	Forces injectées dans le sol, calculées en tiers d'octave et en N lors du passage d'un train de l'AMT ou du CP	51
Figure 20	Carte des distances minimales à respecter pour la protection contre les nuisances vibratoires	53
Figure 21	Utilité de l'absorption acoustique sur une des faces d'un mur antibruit et d'une isolation acoustique élevée	59
Figure 22	Représentation schématique de différentes solutions de réduction du bruit	62
Figure 23	Recommandation d'implantation relative des bâtiments afin d'optimiser l'environnement sonore.....	62
Figure 24	Carte de zonage du type d'utilisation du site.....	67

TABLEAUX

Tableau I	Niveaux sonores maximums établis par la SCHL ($L_{eq,24h}$) pour les bruits routiers et ferroviaire	9
Tableau II	Critères de bruit recommandés pour les nouveaux aménagements résidentiels ou autres utilisations sensibles du sol à proximité de corridors ferroviaires (marchandises).....	9
Tableau III	Critères de bruit recommandés pour les nouveaux aménagements résidentiels ou autres utilisations sensibles du sol à proximité de triages ferroviaires (marchandises).....	10
Tableau IV	Seuils de vitesse vibratoire recommandés par le FTA.....	14
Tableau V	Niveaux sonores ^b moyens 24h, jour et nuit mesurés, en dBA	21
Tableau VI	Séparation du bruit routier et ferroviaire aux points PB3, PB4 et PB5	22
Tableau VII	Description du climat sonore régnant sur le site en chaque point de mesure	22
Tableau VIII	Distances minimales à respecter en fonction des seuils vibratoires choisis.....	52

ANNEXES

Annexe A	Description détaillée des mesures et simulations acoustiques
Annexe B	Description détaillée des mesures vibratoires
Annexe C	Évolutions temporelles des niveaux mesurés et calculés
Annexe D	Détail en bandes fines des résultats des mesures vibratoires
Annexe E	Bibliographie

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE

Le projet de schéma d'aménagement et de développement de Montréal a déterminé le secteur Namur-De la Savane à titre de secteur stratégique de planification. Il doit notamment faire l'objet d'importants investissements afin de le mettre en valeur. Ce site est traversé par des infrastructures routières et ferroviaires majeures induisant du bruit et des vibrations. La réalisation d'un diagnostic global du climat sonore et vibratoire initial du site a donc été décidée par la Ville de Montréal afin de maîtriser la connaissance des contraintes du territoire et guider la planification de l'aménagement. C'est l'objet du présent rapport d'étude.

La première phase de l'étude a consisté à caractériser les climats sonores et vibratoires existants sur le site actuel durant environ une semaine. Les mesures acoustiques ont permis de constituer une base de données des évolutions temporelles des niveaux sonores à différents emplacements du site et de calibrer une modélisation informatique de l'ambiance sonore prenant en compte la topographie, les bâtiments conservés et les différentes sources sonores existantes. Une simulation d'un exemple d'aménagement urbain et la couverture partielle de l'autoroute Décarie A15 a aussi été testée.

Les mesures vibratoires ont consisté à évaluer les niveaux vibratoires émis lors du passage des trains du CP et de l'AMT ainsi qu'à caractériser la décroissance des vibrations dans le sol sur le site. La mise en relation de ces deux types de mesures a permis de calculer les niveaux vibratoires prévisibles à n'importe quelle distance des voies ferrées.

Les seuils de niveau acoustique et vibratoire ont été préalablement définis à la suite de l'étude de différentes sources documentaires d'origine canadienne et étrangère mises en commun par l'équipe de travail. Les niveaux mesurés et simulés ont été confrontés avec les différents seuils repérés afin de définir les zones à fort potentiel de développement immobilier à des fins résidentielles ou d'usages dits sensibles, les zones intermédiaires où des mesures de protection doivent être envisagées et les zones où la construction abritant des usages sensibles est problématique au regard de l'environnement acoustique et vibratoire.

Afin de protéger au mieux les futurs riverains du site d'étude, il est impératif de réfléchir à la maîtrise du bruit émis par l'autoroute A15 et le boulevard Décarie. Ce sont, en effet, les principales sources de bruit impliquant globalement une forte élévation du niveau sonore sur une large partie du site. Les émissions sonores de la gare de triage mesurées ne sont pour l'instant pas problématiques pour l'implantation d'usages sensibles (habitation, école, hôpital, garderie, etc.). Les activités vraiment bruyantes de cette zone de triage ferroviaire sont en effet situées à plus de 1 km de la limite de propriété du site à l'étude. Mais si l'activité de cette zone de la gare de triage venait à changer (chargement de conteneurs sur des trains ou des camions, grues, etc.), les émissions sonores pourraient être plus nuisibles. De même, la ligne ferroviaire « Adirondacks » est susceptible d'être dérangeante de nuit si son activité venait à être augmentée. Le passage d'un train implique en effet un niveau sonore maximum supérieur aux recommandations de l'OMS mais le faible trafic actuel de nuit n'est pas assez conséquent pour actuellement constituer une gêne majeure.

L'étude bibliographique réalisée à partir des différents documents a permis de repérer les différents types de solutions possibles afin de maîtriser au maximum l'environnement sonore et vibratoire d'un site urbanisé. Ces différentes solutions ont été décrites et confrontées aux possibilités qu'offre le site Namur-De la Savane.

D'un point de vue acoustique, la solution de réduire le trafic ou la vitesse n'est pas envisageable, compte tenu de la nécessité de transit nord-sud. En revanche, plusieurs solutions sont possibles pour limiter ce type de nuisances :

- La construction d'un mur de quelques mètres de haut de part et d'autre du boulevard Décarie protégerait les futurs bâtiments de faible hauteur à proximité;
- L'implantation de bâtiments de grande hauteur le long de l'autoroute et du boulevard jouant le rôle de barrière anti-bruit. D'un point de vue général, il est recommandé d'aligner les bâtiments avec l'autoroute A15;
- Le réaménagement du boulevard peut aussi être envisagé en repensant les systèmes de desserte de l'autoroute et du boulevard et en les couvrant sur une distance optimale (ce type de solution nécessiterait de grands travaux);
- Dans les zones destinées aux usages sensibles, incluant l'habitation, il est recommandé la création de zones de circulation apaisée : « zones 30 », « zones 40 », passages surélevés, réduction de la vitesse et interdiction des camions. Les camions passeraient alors dans les secteurs d'emplois;
- Afin de fluidifier le trafic, l'utilisation de l' « onde verte » (voir partie 5.1.2) a depuis longtemps donné de bons résultats. Deux « ondes vertes » pourraient être créées sur les rues Jean-Talon Ouest et Paré;
- Il serait judicieux de demander au CP de réaliser une surveillance régulière de l'état des roues de son matériel roulant afin de limiter le bruit de choc dû aux plats aux roues;
- Afin de limiter le niveau sonore lors du passage des trains, il est possible de penser à implanter une barrière antibruit le long de l'infrastructure ferroviaire. Ceci permettrait de réduire limiter les nuisances sonores lors du passage des trains.

Au niveau vibratoire, les recommandations reposent sur la création d'une zone tampon le long des voies ferrées afin d'éviter la perception tactile des vibrations dans les bâtiments. Le caractère « basses fréquences » des vibrations mesurées rend en effet d'autres solutions trop onéreuses, voire irréalistes. Il est possible d'envisager la construction de bâtiments dans les zones tampons définies s'ils sont désolidarisés du sol grâce à un système élastique bien calibré (boîtes à ressort ou isolant élastomère). Cependant, ce type de solution peut augmenter les coûts de construction de façon significative.

La réduction du niveau de bruit routier passe forcément par des actions d'aménagement de l'autoroute Décarie et du boulevard du même nom. WSP recommande donc de pousser plus avant les simulations de réaménagement du site en testant une solution de couverture totale de l'autoroute et du boulevard (solution nécessitant une étude complexe de modification des voies de raccordement) ainsi qu'une solution de couverture de l'autoroute seule sur une distance plus grande. Il est important de noter que les mesures vibratoires n'ont pas pu être effectuées à proximité des voies ferroviaires comme il est d'usage de le faire pour évaluer précisément les vibrations émises par le passage des trains. Une mesure à 1 ou 2 mètres des voies aurait été préférable, mais le CP n'a pas permis l'accès aux voies lors du passage des trains. Une mesure complémentaire est donc recommandée en ce sens afin d'affiner les distances critiques spécifiées dans ce rapport.

1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

La Ville a déposé son projet de schéma d'aménagement et de développement. Celui-ci propose une vision de l'aménagement du territoire de l'agglomération, en lien avec les orientations gouvernementales et celles du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) adopté par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). Ce schéma comprendra un encadrement réglementaire à l'échelle de l'agglomération de Montréal.

De façon plus particulière, la Ville doit étudier et proposer des orientations et des normes minimales à intégrer dans le schéma et dans son document complémentaire, de façon à assurer une meilleure prise en compte des nuisances associées aux infrastructures ferroviaires dans les nouveaux aménagements.

Le schéma propose aussi de renforcer plusieurs pôles situés en périphérie du centre de l'agglomération. Cette approche vise essentiellement la diversification et l'intensification des activités urbaines au sein de ces pôles. L'un d'entre eux, le secteur Namur-De la Savane présente un intérêt particulier grâce à la disponibilité foncière, particulièrement aux abords des stations de métro du même nom. Aussi, ce territoire, qui est présentement sous-utilisé, doit faire l'objet d'importants investissements publics et privés au cours des prochaines années, incluant la mise en valeur du site de l'ancien hippodrome.

Le secteur Namur-De la Savane se caractérise également par la présence d'infrastructures majeures de transport, dont trois autoroutes et d'importantes voies ferroviaires du Canadien National (CN) et du Canadien Pacifique (CP) dont certaines sont utilisées par l'Agence métropolitaine de transport (AMT). Bien que ces infrastructures contribuent à offrir un bon niveau d'accessibilité au plan régional, celles-ci viennent également morceler le territoire et génèrent des nuisances. Ces nuisances sont en particulier sonores et vibratoires.

1.2 Mandat

Ainsi, le mandat donné à WSP Canada Inc., Équipe Acoustique et Vibrations, vise à fournir plus de détails sur certaines des nuisances potentielles sur le site de Namur-De la Savane, soit les niveaux sonores et les vibrations provenant des infrastructures de transport voisines. Les résultats de l'étude permettront d'orienter les décisions en termes d'affectation du sol, d'implantation des bâtiments et de mode de construction de façon à limiter les effets du bruit et des vibrations pour les futurs occupants des terrains adjacents. Une description (niveaux et cartographies) des ambiances sonores et vibratoires existantes sur le site est fournie dans ce rapport afin d'orienter la réflexion pour l'aménagement du site. Une étude de cas de l'impact acoustique de la couverture de l'autoroute Décarie au niveau de la rue Jean-Talon Ouest a aussi été réalisée.

Mais plus largement, ce mandat vise aussi à alimenter la réflexion de la Ville quant aux orientations et normes à intégrer au schéma d'aménagement et de développement en matière d'aménagements aux abords d'infrastructures de transport. Des recommandations générales quant aux différents principes d'aménagement en prenant en compte les problématiques des nuisances sonores et vibratoires sont donc données dans le présent rapport.

1.3 Méthodologie générale

Le projet peut être séparé en deux parties distinctes : l'étude des niveaux sonores et l'étude des niveaux vibratoires. La méthodologie mise en œuvre a été définie comme suit :

- Obtention des informations techniques et documents pertinents;
- Définition des critères pertinents pour la protection acoustique et vibratoire du site à partir d'une étude bibliographique;
- Caractérisation des niveaux acoustiques et vibratoires sur le site;
- Consignation des événements ayant eu lieu sur le site lors de mesures;
- Caractérisation de la décroissance des vibrations dans le sol du site;
- Modélisation des climats acoustique et vibratoire sur le site et calibrage des modèles grâce aux mesures réalisées;
- Création de cartographies sonores et vibratoires du site;
- Étude du cas de l'impact acoustique de la couverture de l'autoroute Décarie au niveau de la rue Jean-Talon Ouest;
- Comparaison des niveaux calculés et des critères définis préalablement;
- Recommandation de principes de protection, d'aménagement du site et de stratégies constructives afin de minimiser les nuisances dues aux bruits et vibrations.

1.4 Description du site

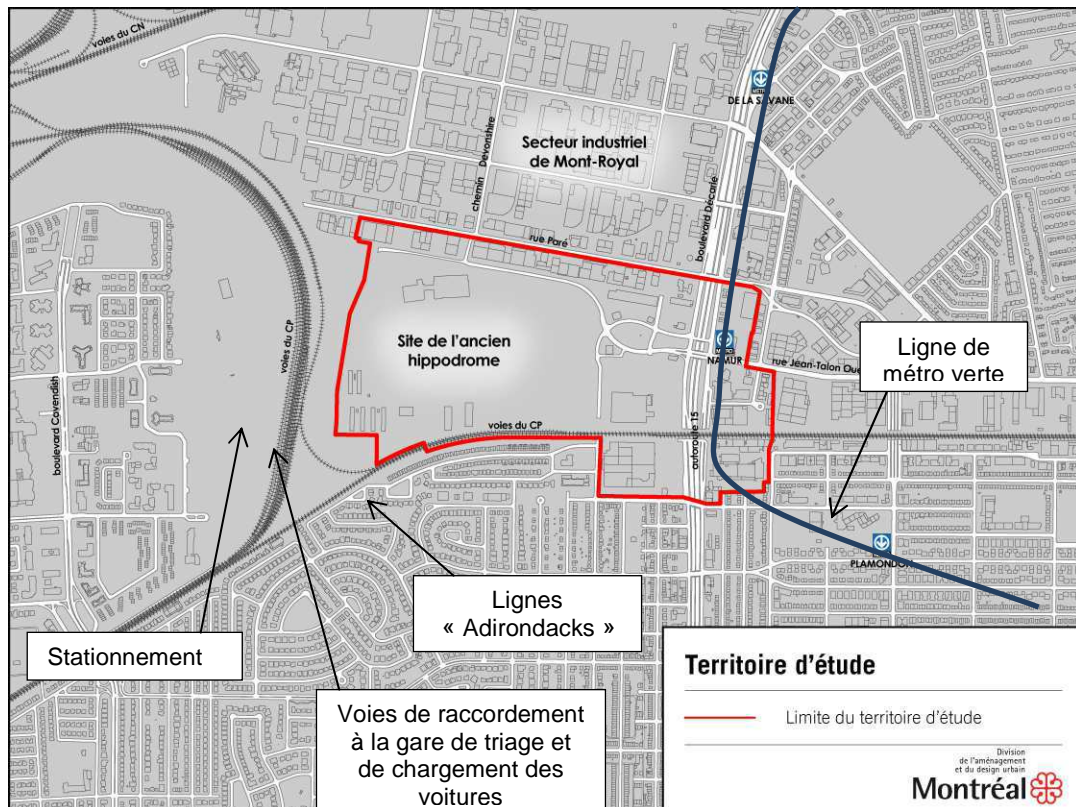
La figure 1 présente une schématisation du site d'étude avec l'emplacement relatif des voies de chemin de fer et des voies routières. Le territoire d'étude comprend la station de métro Namur, le site de l'ancien hippodrome ainsi que leurs abords respectifs.

Le site est délimité à l'ouest par une voie de raccordement à la gare de triage principale du Canadien Pacifique (CP) et au sud par la Ligne « Adirondacks ». Cette ligne est une ligne principale empruntée par les trains de fret du CP (trains lourds et longs) et par les trains de l'Agence métropolitaine de transport (AMT). La voie de raccordement est aussi bordée de voies de chargements de voitures. Ainsi, des activités de chargement/déchargement de voitures, de camions et de wagons ont régulièrement lieu à proximité sur ces voies et sur le stationnement arrière.

À l'est, la présence de l'autoroute Décarie A15 et du boulevard Décarie implique des niveaux sonores élevés. Au nord, la rue Paré et le prolongement de la rue Jean-Talon Ouest sont empruntés par un trafic relativement important de voitures, mais aussi de camions lourds et notamment de camions de transport de voitures pour le chargement/déchargement sur les trains du CP. La ligne de métro orange, en souterrain, longe aussi l'autoroute A15.

Au nord, il est important de noter la présence du secteur industriel de Mont-Royal. Toutes les autres zones sont de type résidentiel ou commercial.

Figure 1 Site d'étude



2 ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET ÉTAT DE L'ART

Cette partie a pour objectif de synthétiser les informations recueillies dans les différents documents mis en commun avec l'équipe de travail. Cette étude bibliographique a permis de définir les critères acoustiques et vibratoires pertinents pour la protection du site. Il a ainsi été possible de repérer les différents types de zones pour l'aménagement du site.

2.1 Définition des critères acoustiques et vibratoires

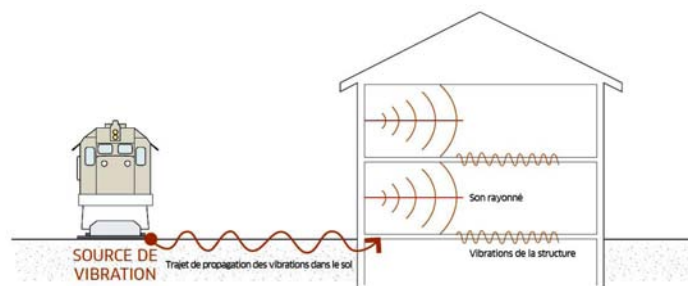
Dans un premier temps, et pour faciliter la compréhension du présent texte, il convient de bien définir chaque critère de bruit utilisé. Voici la définition des critères acoustiques les plus importants qui sont cités :

- $L_{eq,24h}$: niveau acoustique équivalent sur la journée. Moyenne des niveaux sonores pondérés A équivalent pendant 24 heures.
- $L_{eq,22h-7h}$ ou L_n : niveau acoustique équivalent nuit. Moyenne des niveaux sonores pondérés A équivalent de nuit entre 22h et 7h.
- $L_{eq,7h-22h}$ ou L_d : niveau acoustique équivalent jour. Moyenne des niveaux sonores pondérés A équivalent de jour entre 7h et 22h.
- L_{dn} : niveau acoustique équivalent jour-nuit. Moyenne des niveaux sonores pondérés A équivalent pendant 24 heures après addition de 10 décibels aux niveaux sonores durant la nuit entre 22h et 7h.
- L_{max} : niveau acoustique maximum relevé pendant un évènement sonore.

Les préfixes « int » ou « ext », signifiant respectivement « intérieur » et « extérieur », sont ajoutés à ces différents critères afin de spécifier où le bruit est évalué.

Les vibrations sont une oscillation d'un milieu élastique (poutre, plaque, sol, etc.) qui peut être caractérisé en termes de déplacement, de vitesse ou d'accélération. Même si le déplacement est l'unité de mesure la plus simple à imaginer, c'est la vitesse vibratoire en m/s moyennée sur la durée de l'évènement qui décrit le mieux les effets sismiques perçus par l'être humain ou transmis aux bâtiments. Ces vibrations, transmises dans le sol peuvent être perçues à distance, mais peuvent aussi générer du bruit par rayonnement des parois d'un bâtiment. C'est le bruit solidien. Ce principe est expliqué sur la figure 2.

Figure 2 Transmission des vibrations et ré-émission du bruit solide



2.2 Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a édité (deuxième édition) en 1981 un document intitulé « *Le bruit du trafic routier et ferroviaire : ses effets sur l'habitation* » [1]. Ce document présente notamment une méthode de calcul du bruit ferroviaire.

La SCHL a adopté les niveaux de bruit maximaux acceptables des bruits de la circulation routière et ferroviaire dans les quartiers d'habitation, niveau équivalent évalué pendant 24h ($L_{Aeq,24h}$), à 55 dBA pour les cours extérieures. Le document indique aussi, concernant l'indicateur de bruit $L_{eq,24h}$, «...Cette mesure du bruit a été largement essayée dans de nombreuses enquêtes sociales. De toutes les façons couramment utilisées pour mesurer le bruit, elle est la plus facile à utiliser ou pour le prédire avec précision. Rappelons qu'aucune autre façon de le décrire n'a pu mieux prévoir la réaction de la collectivité au bruit...»

La SCHL a en effet établi trois catégories de bruit en regard desquelles des lignes de conduite ont été établies :

- Dans la zone supérieure où le niveau du bruit excède 75 dBA, la construction de logements est à déconseiller ;
- Dans la zone intermédiaire, entre 55 dBA et 75 dBA, la construction de logements n'est possible que si on insonorise de façon adéquate ;
- Dans la zone inférieure où le niveau du bruit est au-dessous de 55 dBA, la construction de logements selon les normes de construction résidentielle sera suffisamment insonorisée.

La SCHL applique aussi des critères aux niveaux sonores à l'intérieur des logements. Le tableau I présente les niveaux sonores maximums permis. Le paramètre prescrit par la SCHL est le niveau équivalent sur 24 heures, $L_{eq,24h}$. Ces critères s'appliquent aux bruits routier et ferroviaire.

Tableau I Niveaux sonores maximums établis par la SCHL ($L_{eq,24h}$) pour les bruits routiers et ferroviaire

Type d'espace	Niveau sonore maximum, $L_{eq,24h}$ (dBA)
Chambre à coucher	35
Salle de séjour, à manger, de divertissement	40
Cuisine, salle de bains, halls, débarras	45
Espace de divertissement extérieur	55

2.3 Association des chemins de fer du Canada et la Fédération canadienne des municipalités (ACFC/FCM)

En 2004, l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC) et la Fédération canadienne des municipalités (FCM) ont lancé un projet de recherche pour examiner les lignes directrices, les pratiques et les enjeux concernant les nouveaux lotissements adjacents à des installations ferroviaires et les changements importants à apporter à de telles installations lorsqu'elles se trouvent dans des zones aménagées existantes. Un premier document « *Rapport Final, Lignes directrices et meilleures pratiques* » a été produit en 2007 [2]. Ce document a été mis à jour en 2013 [3]. Les « *Lignes directrices applicables aux nouveaux aménagements à proximité des activités ferroviaires* » proposent entre autres des critères de bruit à respecter selon le type d'activité ferroviaire en exécution.

En annexe C de ce document, des critères de bruit sont recommandés afin de minimiser l'impact des activités ferroviaires sur les zones sensibles. Les tableaux II et III présentent ces critères pour les corridors et les triages ferroviaires.

Tableau II Critères de bruit recommandés pour les nouveaux aménagements résidentiels ou autres utilisations sensibles du sol à proximité de corridors ferroviaires (marchandises)

Type d'espace	Période	Niveau sonore intérieur maximum L_{eq}^a (dBA) Rail ^b	Niveau sonore extérieur maximum L_{eq}^a (dBA) Rail ^c
Chambre à coucher	23h à 7h	35	50
Salle de séjour/salle à manger	7h à 23h	40	55
Aires de séjour extérieures	7h à 23h	S.O.	55 ^c

Notes : ^a Applicable seulement aux sources de bruit de transport;

^b Les niveaux sonores intérieurs maximums ne sont utilisés que pour déterminer les exigences relatives aux éléments architecturaux. Les niveaux sonores extérieurs en façade servent à déterminer les exigences relatives à la climatisation;

^c Des mesures d'atténuation sont recommandées si les niveaux sonores se situent entre 55 et 60 dBA. S'ils sont de 60 dBA ou plus, il faudrait mettre en place des mesures d'atténuation pour réduire le bruit à une valeur aussi proche que possible de 55 dBA.

Tableau III Critères de bruit recommandés pour les nouveaux aménagements résidentiels ou autres utilisations sensibles du sol à proximité de triaux ferroviaires (marchandises)

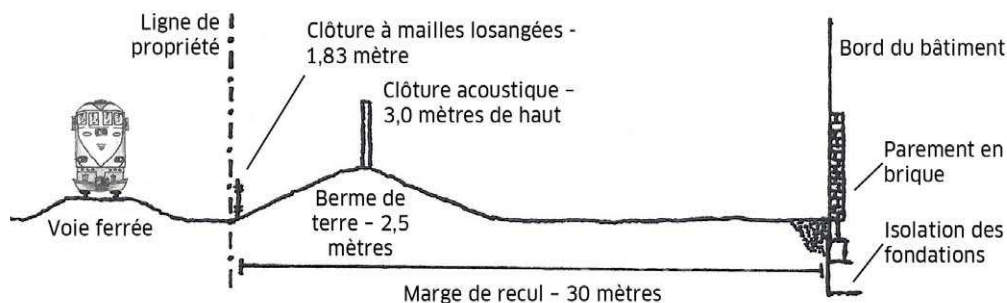
Type d'espace	Période	Zone de catégorie 1 $L_{eq,1h}$ ou L_{LM} (dBA)	Zone de catégorie 2 $L_{eq,1h}$ ou L_{LM} (dBA)
N'importe quelle partie utilisable du lot ou du logement	7h à 19h	50	50
	19h à 23h	47	45
	23h à 7h	45	45

Notes : ^a Les zones de catégorie 1 et 2 font référence à l'environnement acoustique type que l'on peut s'attendre à trouver dans la zone d'aménagement. Les zones de catégorie 1 correspondent à un environnement acoustique typique d'un centre urbain majeur où le bruit de fond est dominé par le bourdonnement de la ville, et les zones de catégorie 2, celles ayant un environnement acoustique qui présente des caractéristiques d'une zone plus rurale. Plus de précisions sont données dans la section 2 des lignes directrices LU-du ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Un ensemble de mesures d'atténuation minimales est aussi recommandé afin de réduire les éventuels problèmes liés à la sécurité, à la sûreté, au bruit, aux vibrations et aux intrusions. Ces mesures d'atténuation minimales sont illustrées sur la figure 3. Le document spécifie qu'il est souhaitable que l'ensemble complet des mesures d'atténuation soit appliqué, car leur combinaison permet une mutualisation des matériaux et une bonne compatibilité des effets d'atténuation. D'un point de vue acoustique et vibratoire, ces mesures sont :

- Zone tampon : Le respect d'une marge de recul entre les bâtiments et la limite de l'emprise de la ligne ferroviaire. Cette marge de recul doit être de 30 mètres à proximité d'une ligne principale et de 300 mètres aux abords d'une gare de triage ferroviaire. Cette marge de recul est réduite à 15 mètres pour les embranchements. La zone d'influence minimale recommandée des vibrations est jugée être à une distance de 75 mètres;
- Barrière anti-bruit : L'implantation d'une berme de terre de 2,5 mètres de hauteur surmontée d'une clôture acoustique de 3 mètres de haut à proximité de la voie ferroviaire;
- Isolation vibratoire : La mise en place des solutions d'isolation au niveau des fondations des bâtiments.

Figure 3 Mesures d'atténuation minimales recommandées par l'ACFC/FCM pour des aménagements résidentiels à proximité d'une ligne ferroviaire principale



2.4 Office des transports du Canada

L'Office des Transports du Canada a publié deux documents principaux concernant la gestion du bruit ferroviaire : les « *Lignes directrices sur la résolution des plaintes relatives au bruit et aux vibrations ferroviaires* » [4] et la « *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire* » [5].

Le premier document a été élaboré pour aider les personnes, les administrations municipales et les compagnies de chemin de fer à régler les différends concernant le bruit et les vibrations.

La méthodologie décrite dans le second document a été rédigée en tant que complément aux lignes directrices pour guider les compagnies de chemin de fer, les citoyens et les municipalités dans l'évaluation du bruit ferroviaire dans le cadre d'une plainte relative au bruit. Ainsi cette méthodologie définit plusieurs types de marches à suivre pour évaluer les niveaux de bruit. Trois méthodes sont passées en revue en fonction de la complexité du bruit ferroviaire en jeu. Ces méthodes proposent de procéder à :

- Une identification des récepteurs de bruit;
- Une description du voisinage et de l'environnement de bruit de fond;
- Une détermination des impacts du bruit produit par les activités ferroviaires par mesure et/ou calcul;

Le rapport d'évaluation doit inclure les mesures de niveau sonore comportant des événements inhabituels. D'après les valeurs horaires L_{eq} mesurées et calculées, un profil quotidien des résultats doit être établi pour les critères suivants : $L_{eq,7h-22h}$ et $L_{eq,22h-7h}$, L_{dn} , $L_{eq,24h}$ et L_{max} . Il faut noter que les périodes « jour » (7h-22h) et « nuit » (22h-7h) définies dans ce document de l'Office des transports du Canada sont différentes de celles spécifiées dans les documents de l'ACFC/FCM.

L'annexe B de la méthodologie de mesure (second document) fournit aussi des suggestions de liste des sources pour la collecte des renseignements clés sur les activités ferroviaires, l'utilisation des terres, le zonage, les photographies aériennes, etc.

2.5 Santé Canada et Organisation mondiale de la Santé

Santé Canada n'a pas pour vocation de réglementer les émissions sonores en donnant des seuils limites à ne pas dépasser. L'organisation se fixe plutôt comme objectif de donner des informations sur le potentiel effet du bruit sur la santé en conseillant des valeurs guides et des critères à évaluer lors, par exemple, de la réalisation d'une étude d'impact. Ainsi, dans le document « *Health Canada Noise Impact Assessment Guidance for Environmental Assessment* » [6], une méthodologie est décrite pour l'élaboration des études d'impact du bruit sur la santé. Cette méthode reprend les différentes interactions possibles du bruit avec l'être humain et donne des recommandations de niveau sonore pour les catégories suivantes : perte auditive induite par l'exposition au bruit, perturbation du sommeil, interférence avec la compréhension de la voix, plaintes, gêne élevée. Les seuils proposés sont en accord avec ceux donnés par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS/WHO) dans le document « *Guidelines for Community Noise* » [7].

Ainsi, Santé Canada recommande un niveau sonore du bruit continu (bruit de fond hors événement particulier) de nuit inférieur $L_{n,int}$ à 30 dBA à l'intérieur des chambres à coucher. De plus, le niveau sonore maximum des événements particuliers $L_{max,int}$ ne doit pas dépasser environ 45 dBA plus de 10 à 15 fois dans la nuit. Étant donné qu'il est assez commun de dormir avec la fenêtre entrouverte et qu'une fenêtre entrouverte apporte une isolation acoustique de l'ordre de 15 dBA, les niveaux donnés précédemment impliquent la recommandation de niveau sonore à l'extérieur $L_{n,ext}$ de 45 dBA en façade pour le bruit continu et de limiter à 10-15 le nombre d'événements particuliers dépassant un niveau $L_{max,ext}$ de 60 dBA en façade.

Ce même document définit un critère de « Pourcentage de gêne extrême » dont l'abréviation est %HA (*Percent Highly Annoyed*). Ce critère prend en compte un grand nombre de paramètres du climat sonore (type de bruit, bruit impulsif ou très impulsif, tonalité, basses fréquences, etc.) et a été défini pour pouvoir comparer deux situations afin d'évaluer la variation de qualité d'un environnement sonore. Une augmentation du critère de plus de 6,5 % est jugée comme problématique et nécessite l'implantation de solutions de réduction du bruit.

Afin de guider la méthode d'évaluation de l'impact du bruit, une liste de contrôle reprenant les différentes recommandations du document est aussi fournie.

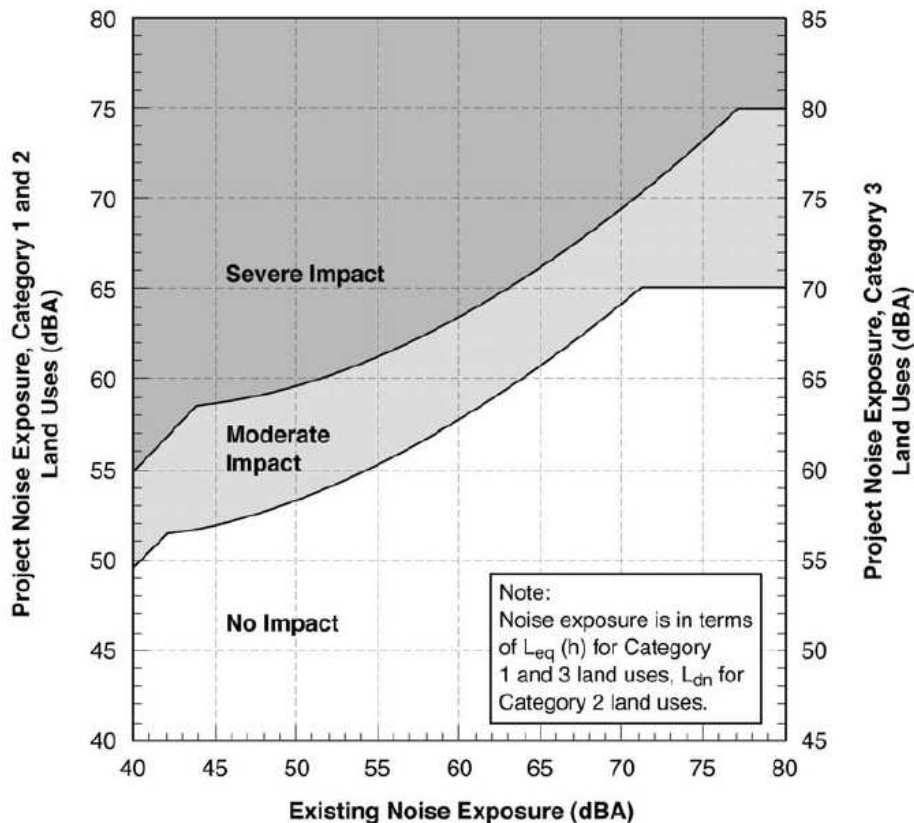
L'OMS a aussi publié plus récemment le document « *Night Noise Guidelines for Europe* » [8] présentant un grand nombre d'études et de recherches sur la gêne due au bruit et les perturbations du sommeil à cause du bruit. Ce document recommande un niveau de bruit la nuit et à l'extérieur $L_{n,ext}$ de 40 dBA et une limite maximum de 55 dBA. Cette limite maximum est un compromis prenant en considération les impératifs de planification urbaine, mais impliquant un possible impact sur la qualité du sommeil des habitants notamment de celui des populations les plus vulnérables (enfants, malades chroniques, personnes âgées, etc.).

2.6 Département des Transports des É.-U. (*Federal Transit Administration - FTA*)

Le Département de Transports des É.-U. a publié un document très complet sur l'évaluation et la simulation du bruit et des vibrations des transports en commun [9]. En particulier, des seuils limites de bruit et de vibrations sont donnés afin d'évaluer l'impact d'un projet sur l'environnement.

Au niveau acoustique, le degré d'impact dépend du niveau de bruit existant sur le site, de la catégorie d'utilisation du site et du niveau de bruit émis par le projet. L'impact est alors évalué suivant trois catégories : pas d'impact, impact modéré et impact élevé. Les différentes catégories sont : 1-zone nécessitant un bruit de fond très faible (salles de spectacle), 2-zone résidentielle et médicale, 3-zone institutionnelle utilisée en journée. Le graphique de la figure 4 présente les courbes permettant de réaliser cette évaluation.

Figure 4 Critère d'impact du bruit pour les projets de transport en commun



D'un point de vue vibratoire, des seuils de niveau de vitesse vibratoire sont donnés en fonction de l'utilisation de la zone et de la fréquence des événements perturbateurs (passage de train par exemple). De plus, des seuils de bruit solidien sont aussi fournis en niveau global suivant le même cadre. Les seuils de vitesse vibratoire sont donnés dans le tableau IV (convertis en mm/s).

Tableau IV Seuils de vitesse vibratoire recommandés par le FTA

Niveau de vitesse vibratoire en mm/s	Évènement fréquent ^a	Évènement occasionnel	Évènement peu fréquent ^a
Bâtiment sensible nécessitant un faible niveau vibratoire : salle de spectacle, équipements sensibles de mesure, etc.	0.05	0.05	0.05
Résidence et bâtiment où les gens dorment	0.10	0.14	0.25
Bâtiment institutionnel utilisé principalement le jour	0.14	0.20	0.36

Notes : ^a Les évènements sont considérés comme fréquents s'ils apparaissent plus de 70 fois par jour. En dessous de 30 évènements par jour, ils peuvent être considérés comme moins fréquents, voire rares.

2.7 Règlement provincial du Québec

La Note d'instruction 98-01 du Gouvernement du Québec [10] spécifie des seuils acceptables de bruit perturbateur sur une période d'une heure. Le seuil est comparé à un niveau sonore mesuré normalisé auquel s'ajoutent des termes correctifs en fonction de la nature du bruit perturbateur. Ainsi, si le bruit est considéré comme tonal ou comportant de basses fréquences, la réglementation est plus stricte. Le calcul se fait sur la contribution seule du bruit perturbateur en s'affranchissant du bruit résiduel. Cette réglementation est peu utilisable dans notre cas, car l'étude porte sur le bruit ambiant général et non sur la conformité d'un bruit particulier perturbateur.

2.8 USBM : Valeurs guides vibratoires

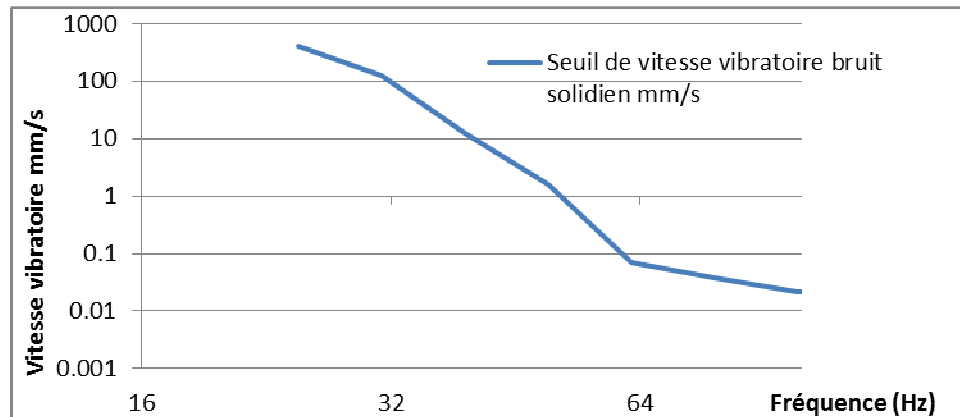
Des critères vibratoires ainsi que les références de la perception humaines sont présentés dans le document « *Report of Investigation 8507 - Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting* » de l'USBM [11]. Ce document indique que l'être humain commence à ressentir les vibrations à partir de 0.1 mm/s. Au-dessus de 2.5 mm/s, les vibrations commencent à devenir dérangeantes pour l'être humain. En-dessous de 5 mm/s, les émissions vibratoires ne sont pas considérées comme dangereuses pour la sécurité structurale des bâtiments.

2.9 RATP : Valeurs guides pour la perception du bruit solidien

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (SCTB) en partenariat avec la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) ont réalisés des recherches permettant de mettre en relation les niveaux vibratoires moyens des parois d'une pièce et les niveaux sonores de bruit solidien associé [12]. La source excitatrice était d'origine ferroviaire. En mettant en relation les résultats trouvés et le seuil de

perception du bruit dans les basses fréquences, il a été possible de calculer un seuil limite de vitesse vibratoire pour la perception du bruit solidien. Ce seuil est tout de même très approximatif, car le rayonnement acoustique de parois en vibration est très variable en fonction du type de matériau et surtout de sa masse. Il est tout de même présenté en tiers d'octave sur la figure 5.

Figure 5 **Seuil limite de vitesse vibratoire pour la perception du bruit solidien**



2.10 Gouvernement de l'Australie du Sud (*Department of Planning, Transport and Infrastructure*)

Le Gouvernement de l'Australie du Sud a édité un document très complet sur la réduction du bruit environnemental et la qualité de l'air [13]. Ce document décrit en détail différents types de solutions de mitigation en particulier pour la limitation du bruit :

- Solutions extérieures de type barrières antibruit
- Aménagement, formes et compositions des bâtiments;
- Recommandations sur la construction et les compositions des assemblages des bâtiments.

Le document décrit aussi en détail des études de cas de plusieurs projets d'aménagement résidentiels majeurs ayant pris en compte la problématique du bruit.

2.11 Critères retenus

Pour la présente étude, l'utilisation du critère %HA de Santé Canada n'est pas réalisable, car pour l'instant seule la création de zones résidentielles sur des aires utilisées précédemment par l'hippodrome est prévue. Dans cette optique, il n'est pas justifié de chercher à évaluer la modification de la qualité de l'environnement sonore, car pour l'instant aucune nouvelle source prédominante de bruit n'est prévue. Il pourra cependant être intéressant d'évaluer ce critère %HA dans un second temps, lorsque la planification des différents éléments du projet sera finalisée, si de nouvelles sources de bruit sont prévues ou si les sources actuelles (routes, voie ferrée, etc.) sont amenées à être modifiées.

Au regard de l'étude des différents documents précédents, les critères retenus pour la présente étude sont les suivants :

- Quatre seuils de niveau sonore :
 - $L_{Aeq,7h-23h}$ de la contribution du trafic ferroviaire inférieur à 55 dBA;
 - $L_{Aeq,23h-7h}$ de la contribution du trafic ferroviaire inférieur à 50 dBA;
 - $L_{Aeq,24h}$ global inférieur à 55 dBA;
 - $L_{max,ext}$ d'un évènement régulier (>10 fois) de nuit inférieur à 60 dBA.
- Deux seuils de vitesse vibratoire :
 - Seuil conservateur : 0.1 mm/s;
 - Seuil classique : 0.14 mm/s;
 - Seuil de réémission du bruit solidien (figure 5).

3 ÉTUDE ACOUSTIQUE

3.1 Description des mesures acoustiques

Les mesures ont consisté en l'enregistrement de l'évolution des niveaux sonores en sept emplacements différents sur le site d'une durée de 3 à 5 jours. Elles se sont déroulées entre le 15 et le 19 septembre 2014. Ces données ont ensuite fait l'objet d'un post-traitement en laboratoire. L'emplacement des points de mesure est décrit sur la figure 6. Sur cette figure, les points de mesure de bruit sont repérés par le préfixe PB.

Le point PB2 a été déplacé au point PB2' le mercredi 17 septembre 2014 à 15h afin de compléter la mesure par une évaluation des niveaux sonores à proximité immédiate de la voie d'accès de la gare de triage.

Le point PB6 a été perturbé par la présence d'une machine publicitaire bruyante (compresseur d'air). Ainsi les niveaux mesurés ne sont pas représentatifs pour ce point. C'est pourquoi une mesure complémentaire d'une durée de 1 heure a été réalisée au point PB6' afin de calibrer le modèle informatique en cette zone. Aucun résultat de niveaux globaux n'est donc donné pour ces points.

Les niveaux sonores calculés sont les suivants :

- Le niveau sonore équivalent aux 5 secondes ($L_{eq,5s}$) permettant de repérer les événements sonores particuliers apparaissant au cours de la mesure (en bleu);
- Le niveau sonore horaire moyen sur 1h ($L_{eq,1h}$) permettant d'évaluer le climat sonore moyen à certaines périodes;
- Le niveau sonore moyen de jour de 7h à 22h ($L_{eq,jour}$);
- Le niveau sonore moyen de nuit de 22h à 7h ($L_{eq,nuit}$);
- Le niveau sonore moyen sur la journée ($L_{eq,24h}$).
- Les contributions au niveau sonore global du bruit routier et du bruit ferroviaire pour les points où le niveau ferroviaire est susceptible d'être dominant (les nombres de passages de trains pris en compte sont donnés en annexe A).

3.2 Résultats des mesures acoustiques

Le tableau V synthétise les résultats des niveaux sonores globaux mesurés aux différents points. Le tableau VI répertorie les contributions au niveau sonore global du bruit routier et du bruit ferroviaire pour les points où le niveau ferroviaire est susceptible d'être dominant (PB3, PB4 et PB5). La description détaillée de ces mesures sous forme de graphique est fournie en annexe C.

Figure 6 Emplacement des points de mesure acoustique et vibratoire



Tableau V Niveaux sonores^b moyens 24h, jour et nuit mesurés, en dBA

Position récepteur	Date	L _{eq,24h} (dBA)	L _{eq,jour} (7h-22h - dBA)	L _{eq,nuit} (22h7h - dBA)
PB1	Lundi 15-sept	-	-	53
	Mardi 16-sept	60	62	57
	Mercredi 17-sept	59	60	56
	Jeudi 18-sept	60	62	56
PB2	Lundi 15-sept	-	-	56
	Mardi 16-sept	53	54	52
	Mercredi 17-sept	54 ^a	54 ^a	-
PB2'	Mercredi 17-sept	-	-	52
	Jeudi 18-sept	54	55	52
PB3	Lundi 15-sept	-	-	50
	Mardi 16-sept	54	54	53
	Mercredi 17-sept	53	53	53
	Jeudi 18-sept	55	56	51
PB4	Lundi 15-sept	-	-	52
	Mardi 16-sept	52	52	50
	Mercredi 17-sept	51	52	50
	Jeudi 18-sept	54	55	52
PB5	Lundi 15-sept	-	-	65
	Mardi 16-sept	68	68	67
	Mercredi 17-sept	67	68	67
	Jeudi 18-sept	66	66	65
PB7	Mercredi 17-sept	72	73	70
	Jeudi 18-sept	72	73	69
	Vendredi 19-sept	-	-	69

Notes : ^a Ces niveaux correspondent à un moyennage du niveau sonore mesuré au point PB2 le mercredi 17 septembre 2014 entre 0h et 15h et au point PB2' entre 15h et 0h. Ils ont été conservés bien que perturbés par le changement de position, car ils sont très proches de ceux mesurés le mardi 16 septembre 2014. Ceci montre que les ambiances sonores aux points PB2 et PB2' sont relativement similaires.

^b Niveaux sonores arrondis à 1 dBA près.

Tableau VI Séparation du bruit routier et ferroviaire aux points PB3, PB4 et PB5

Position récepteur	Contribution sur 24h ^a		Contribution de jour (7h-23h) ^a		Contribution de nuit (23h-7h) ^a	
	Bruit routier	Bruit ferroviaire	Bruit routier	Bruit ferroviaire	Bruit routier	Bruit ferroviaire
PB3	45	53	46	54	45	50
PB4	50	45	51	47	49	44
PB5	67	60	67	59	67	54

Notes : ^a Niveaux sonores arrondis à 1 dBA près.

3.3 Analyse du climat sonore existant

Différentes sources sonores ont été repérées lors des périodes de consignation sur le site à l'étude. L'écoute des enregistrements sonores effectués par les enregistreuses numériques a aussi permis d'identifier certains événements particuliers. Le tableau VII décrit le contenu du climat sonore existant en chaque point de mesure acoustique effectué.

Tableau VII Description du climat sonore régnant sur le site en chaque point de mesure

Point de mesure	Climat sonore général	Évènements particuliers bruyants
PB1	Bruit routier	Passage de camions lourds
PB2	Bruit de fond urbain calme	Bruit de travaux de construction de l'école située derrière le stationnement de chargement des voitures de la gare de triage : pelleuse, signal de recul, etc.
PB2'	Bruit de fond urbain calme	Bruit de travaux de construction de l'école située derrière le stationnement de chargement des voitures de la gare de triage : pelleuse, signal de recul, etc. Passage de trains sur la ligne « Adirondacks » et sur la voie de raccordement à la gare de triage
PB3	Bruit de fond urbain calme	Passage de trains sur la ligne « Adirondacks » et sur la voie de raccordement à la gare de triage.
PB4	Bruit de fond urbain calme	Passage de trains sur la ligne « Adirondacks »
PB5	Bruit routier élevé de l'autoroute et du boulevard Décarie	Passage de trains sur la ligne « Adirondacks »
PB6	Bruit de machine publicitaire et bruit routier de la rue Jean-Talon Ouest	Passage de camions lourds.
PB6'	Bruit routier de la rue Jean-Talon Ouest	Passage de camions lourds.
PB7	Bruit routier élevé de l'autoroute et du boulevard Décarie	Passage de camions lourds.

Très peu de bruit a été consigné ou enregistré provenant de la gare de triage. Elle n'a donc pas été considérée dans les simulations. Aucun sifflement ni de crissement en courbe de train n'a été entendu sur les enregistrements de mesure et lors de la consignation sur place. Il n'y a en effet pas de présence de passage à niveau à proximité et la voie « Adirondaks » ne présente que de faibles rayons de courbure dans la zone. Cependant, la voie de raccordement de l'est vers l'ouest vers la gare de triage présente un rayon de courbure assez grand pour impliquer du crissement en courbe. Cette voie n'est que très peu utilisée actuellement, mais pourrait être plus utilisée par la suite. Enfin, il semble que certains trains de fret du CP présentent des plats aux roues impliquant une augmentation du niveau sonore.

3.4 Méthode de simulation acoustique

Une simulation de propagation sonore a été effectuée à l'aide du logiciel SoundPlan, version 7.3. Ce logiciel prend en compte les facteurs environnementaux tels que l'absorption atmosphérique, l'absorption du sol, et considère des vents porteurs de 5 m/s de la source vers le point récepteur. Il prend également en compte les réflexions sur les bâtiments modélisés. Les paramètres d'entrée du logiciel sont les puissances acoustiques des sources. Les paramètres de sortie sont les niveaux de pression aux points récepteurs.

La contribution sonore de la circulation routière sur le terrain a été évaluée à l'aide du module TNM (*Traffic Noise Model*) présent dans le logiciel SoundPLAN 7.3. La contribution sonore des autres sources a été calculée à l'aide de la méthode ISO 9613-1. Le modèle informatique a été calibré avec les résultats des relevés sonores.

Les données de base nécessaires pour évaluer le bruit routier sont :

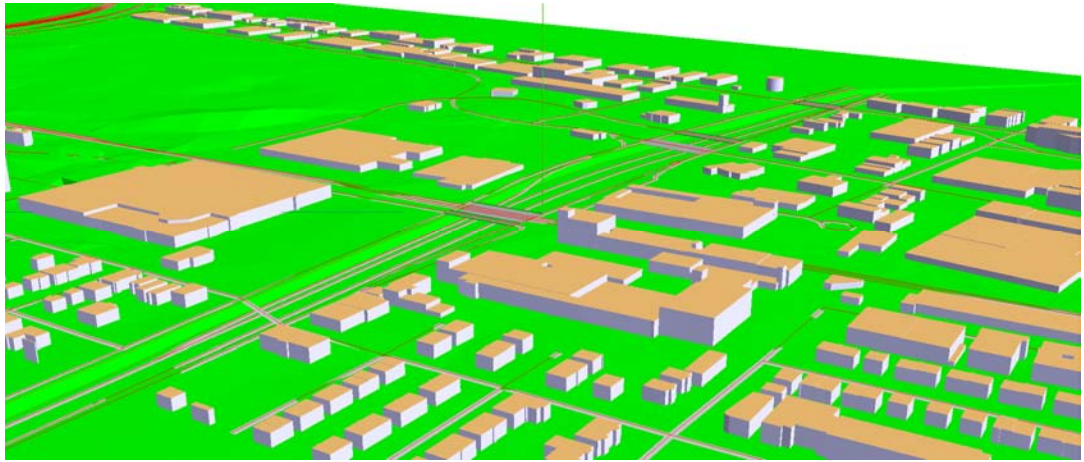
- Volume de circulation par classe de véhicules (automobiles, camions intermédiaires et camions lourds);
- Vitesse affichée;
- Localisation de la route, des barrières naturelles ou artificielles et des récepteurs;
- Type de sol (absorbant, réfléchissant).

Les simulations ont été réalisées pour deux cas différents :

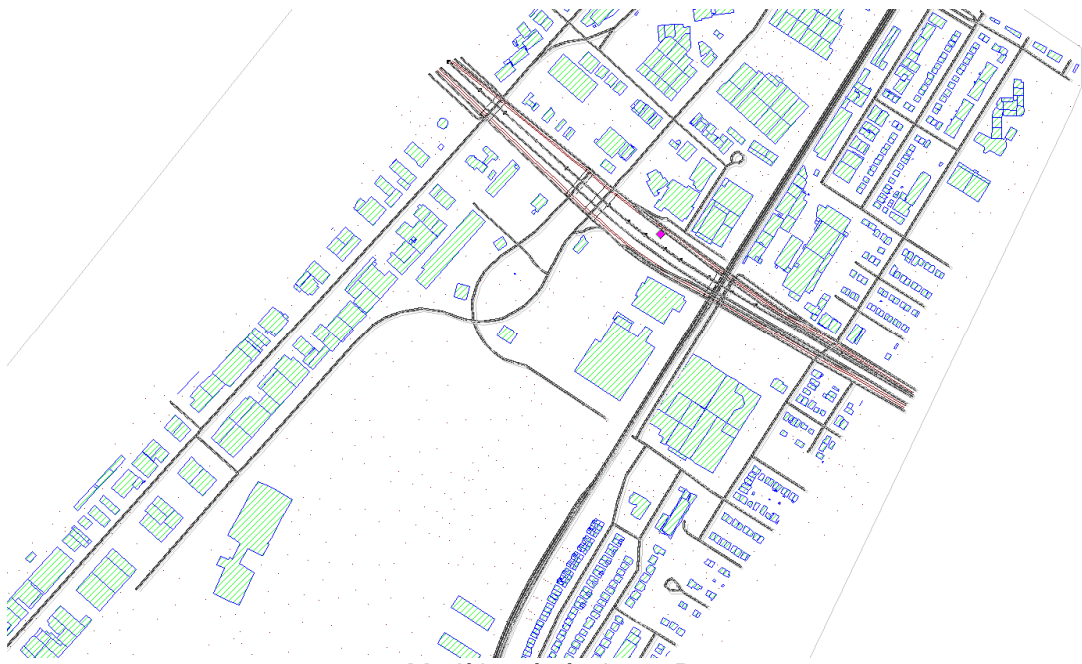
- Le cas général d'un terrain sans construction en enlevant les bâtiments actuels de l'hippodrome;
- Le cas particulier de la couverture partielle de l'autoroute Décarie sur une longueur de 130 mètres de part et d'autre de la rue Jean-Talon Ouest et de la rue des Jockeys et ajoutant un exemple d'implantation de bâtiments sur une partie du site de l'hippodrome.

La gare de triage n'a pas été considérée dans les simulations sonores, car elle a été considérée comme très peu émettrice de bruit. Le modèle de simulation acoustique construit est représenté sur les figures 7 et 8. Le détail des paramètres de calcul est présenté en annexe A.

Figure 7 **Modèle général de simulation utilisé pour le calcul des niveaux de bruit**

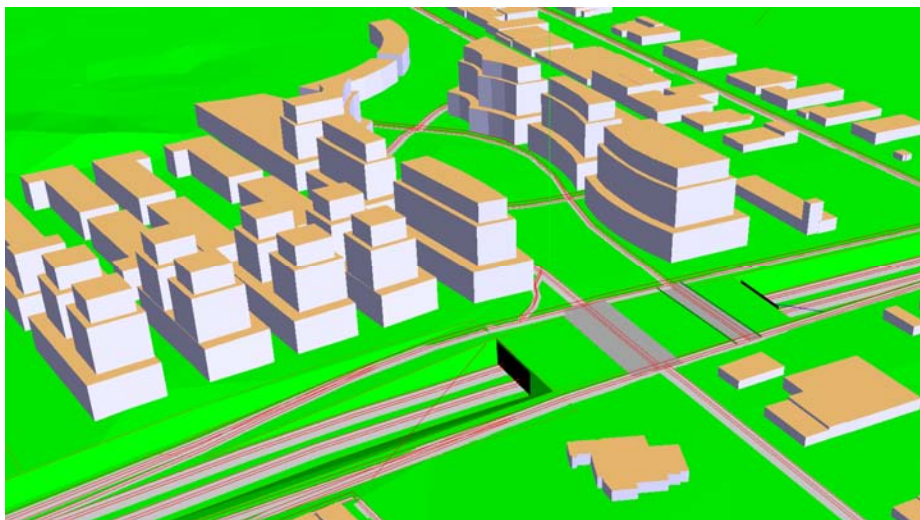


Modèle général en 3D



Modèle général en 2D

Figure 8 **Modèle de simulation de la couverture de l'Autoroute A15 utilisé pour le calcul des niveaux de bruit**



Simulation de la couverture de l'A15 et de l'ajout de futurs bâtiments en 3D



Simulation de la couverture de l'A15 et de l'ajout de futurs bâtiments en 2D

3.5 Résultats et analyse des simulations acoustiques générales

Les résultats des simulations acoustiques générales, représentant la situation actuelle sans les bâtiments de l'hippodrome, sont présentés sous forme de carte de niveau sonore. Cinq cartes différentes des niveaux sonores sont présentées sur les figures 9 à 14 :

- Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$).
- Carte de la contribution au niveau sonore du bruit routier sur 24h ($L_{eq,24h}$);
- Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$);
- Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de jour ($L_{eq,7h-23h}$);
- Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de nuit ($L_{eq,23h-7h}$);
- Carte de la contribution maximum au niveau sonore du bruit ferroviaire sur un passage de train (L_{max}).

Il apparaît que les niveaux sonores globaux $L_{eq,24h}$ sur la zone ouest du côté de la gare de triage sont inférieurs au seuil de 55 dBA. La proximité du boulevard Décarie et de l'autoroute A15 implique une augmentation du niveau sonore et un dépassement du seuil de $L_{eq,24h}$ 55 dBA. Ce dépassement est en majorité dû au bruit routier.

À proximité de la ligne « Adirondacks », le bruit ferroviaire implique un dépassement du seuil de spécifié pour la période de jour (7h-23h au sens de l'ACFC/FCM) jusqu'à une trentaine de mètres de la limite de propriété. De plus, le bruit d'origine ferroviaire simulé pour la période de nuit (23h-7h au sens de l'ACFC/FCM) dépasse aussi le seuil de 50 dBA spécifié jusqu'à une distance d'environ 30 mètres. Le bruit maximum au passage est, quant à lui, supérieur au seuil L_{max} de 60 dBA sur une grande zone le long de la voie. Cependant, le trafic ferroviaire de nuit ne peut être considéré comme dense étant donné que seuls sept passages ont été repérés sur cette période et que le niveau L_{max} pris en compte est celui du train le plus bruyant mesuré.

Figure 9 Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$)

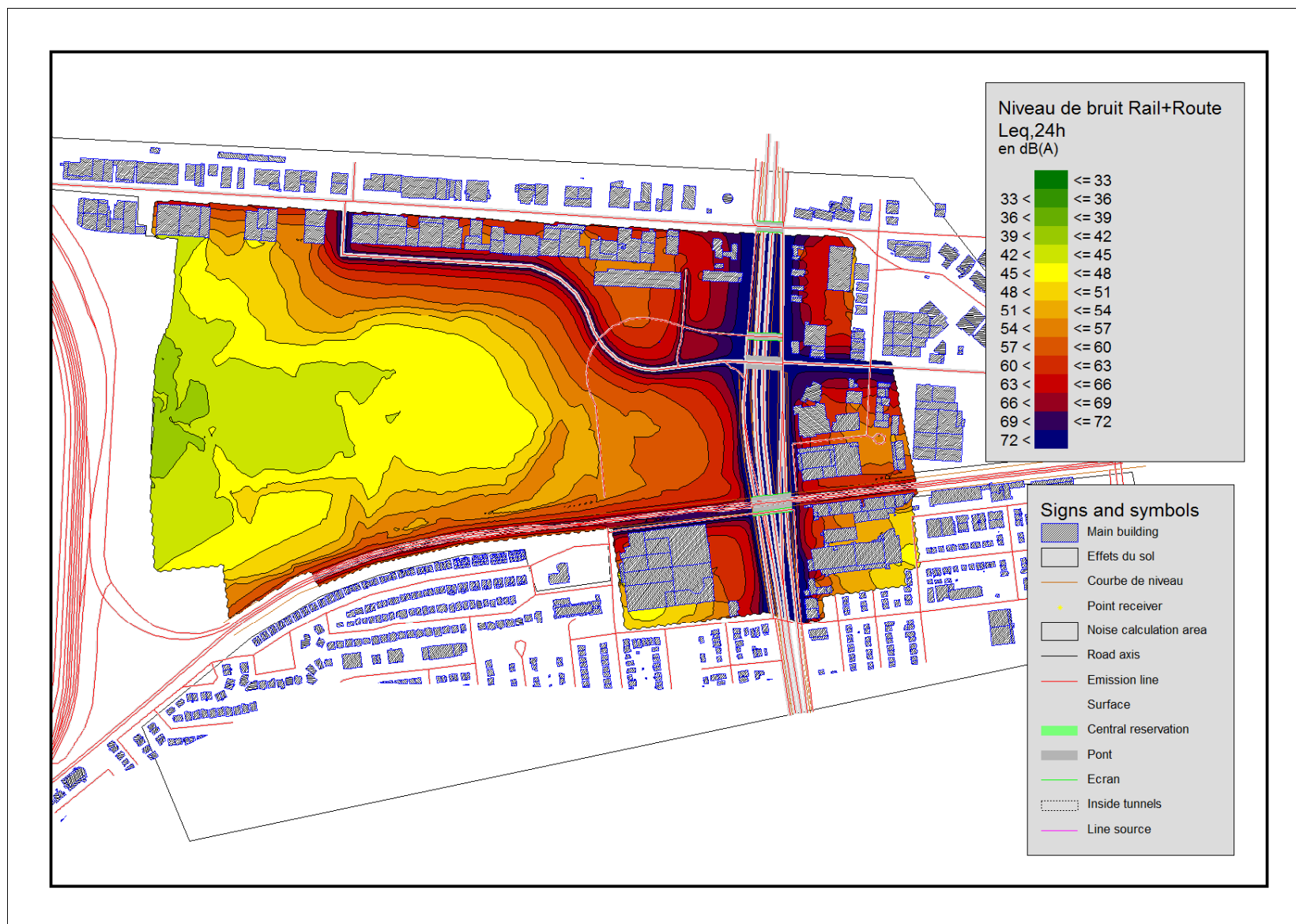


Figure 10 Carte de la contribution au niveau sonore du bruit routier sur 24h ($L_{eq,24h}$)

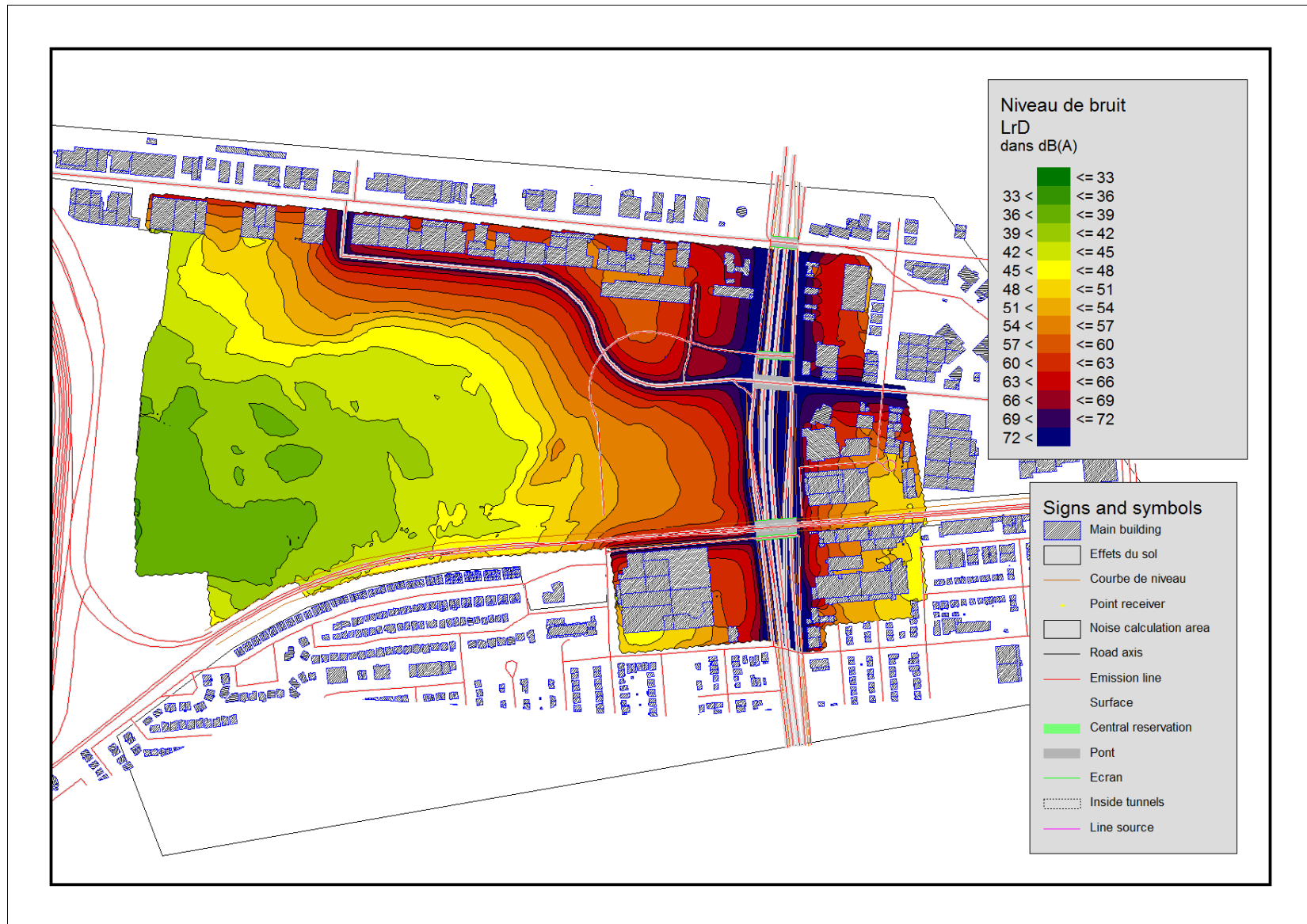


Figure 11 Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$)

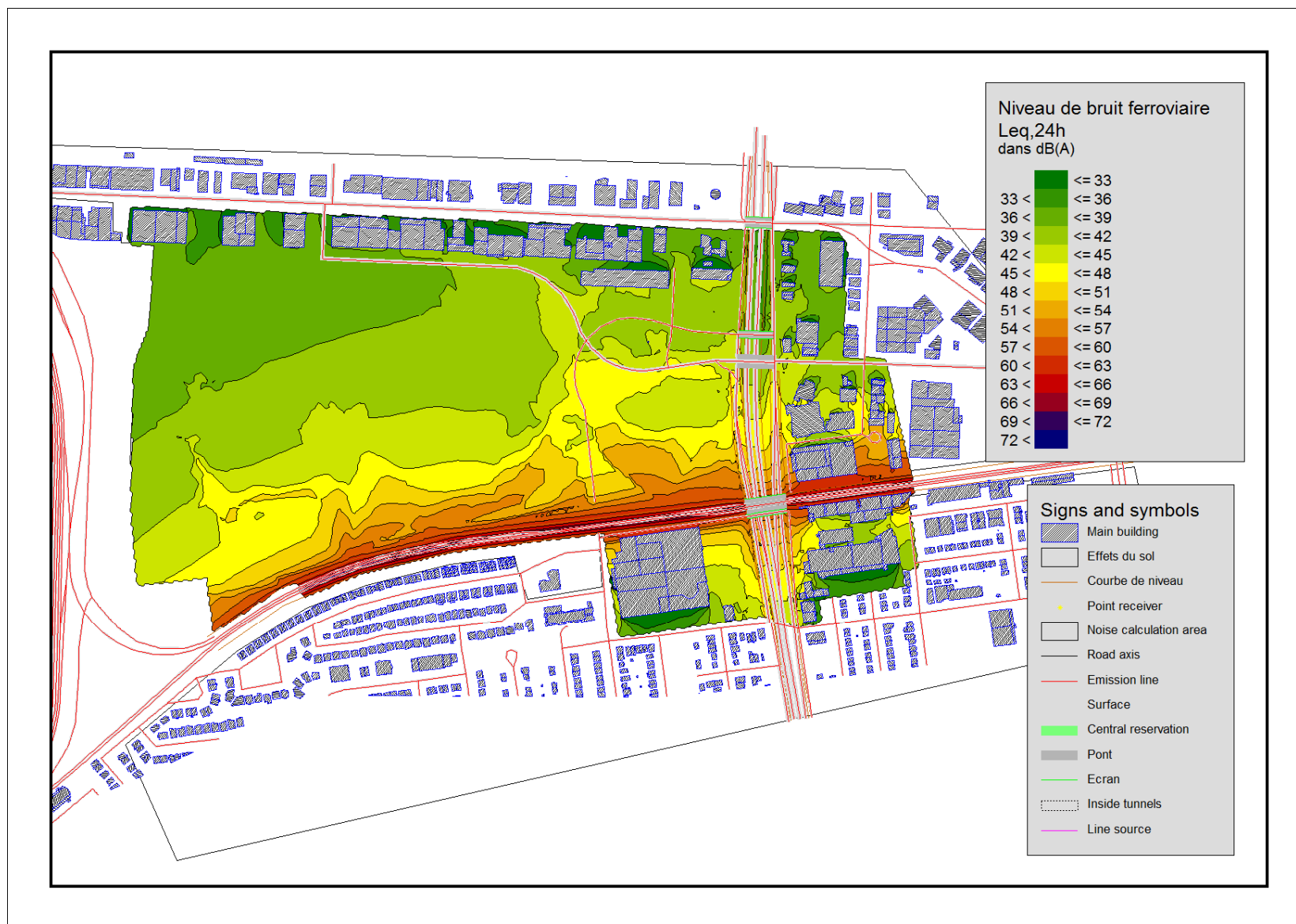


Figure 12 Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de jour ($L_{eq,7h-23h}$)

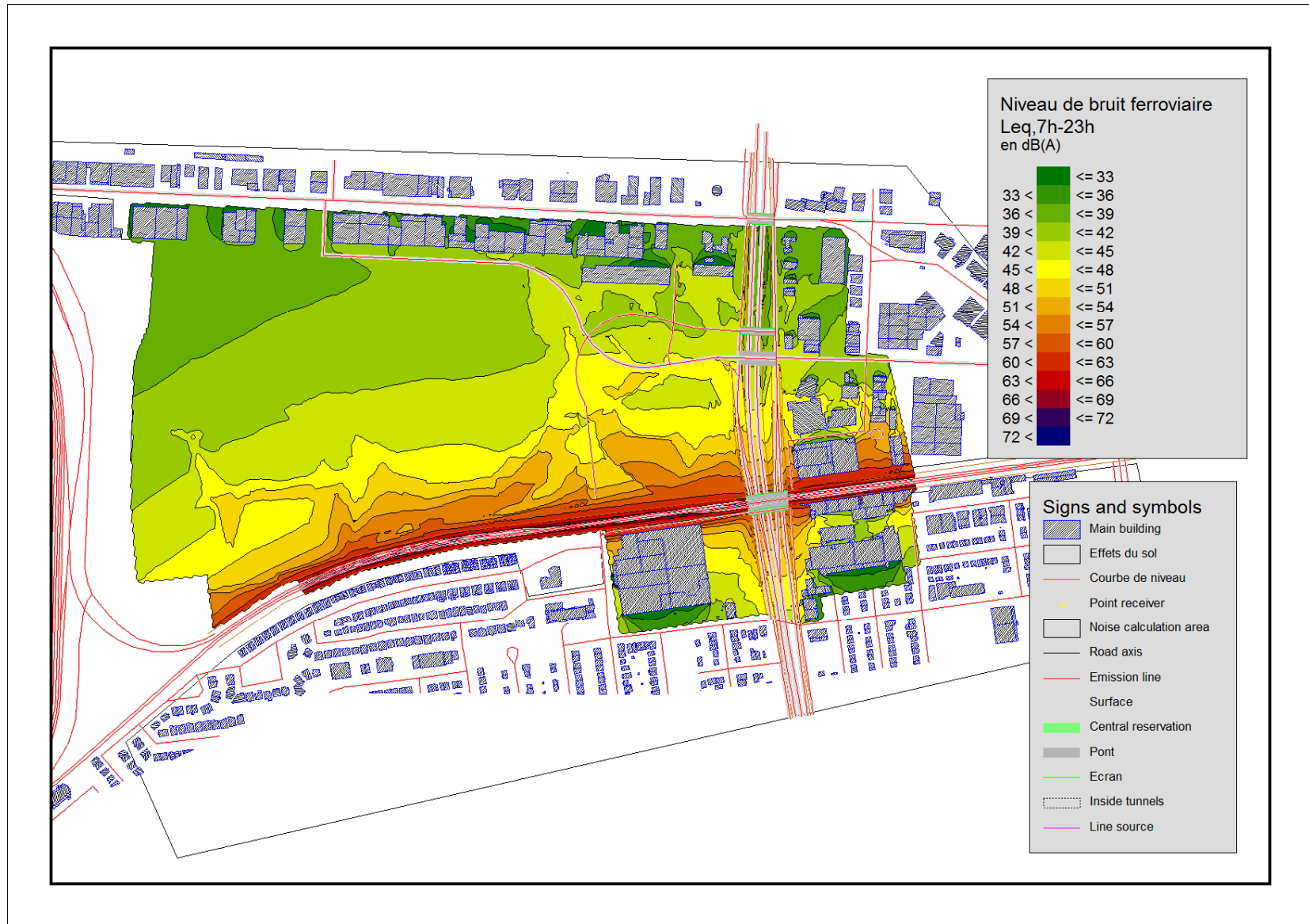


Figure 13 Carte de la contribution au niveau sonore du bruit ferroviaire de nuit ($L_{eq,23h7h}$)

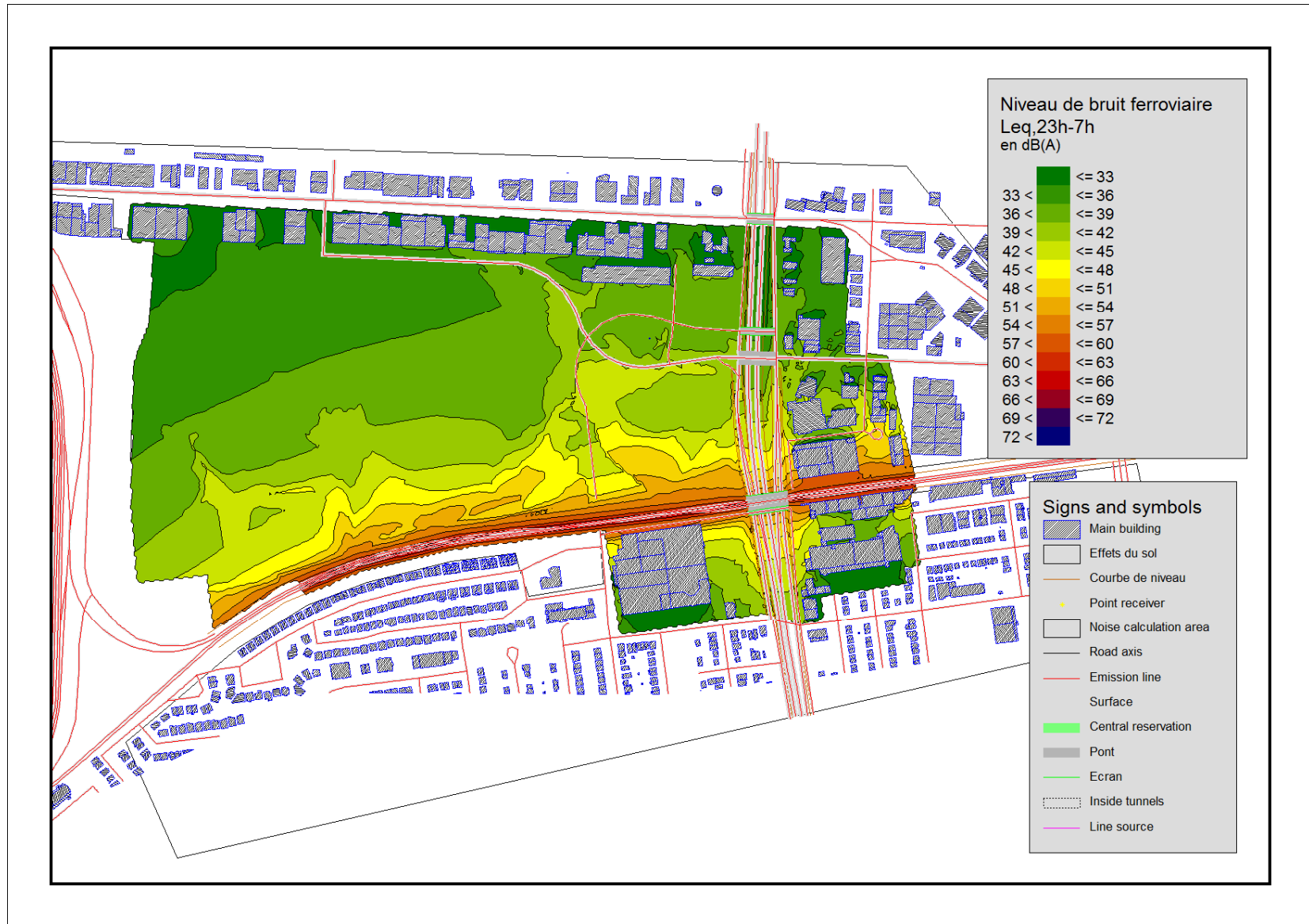
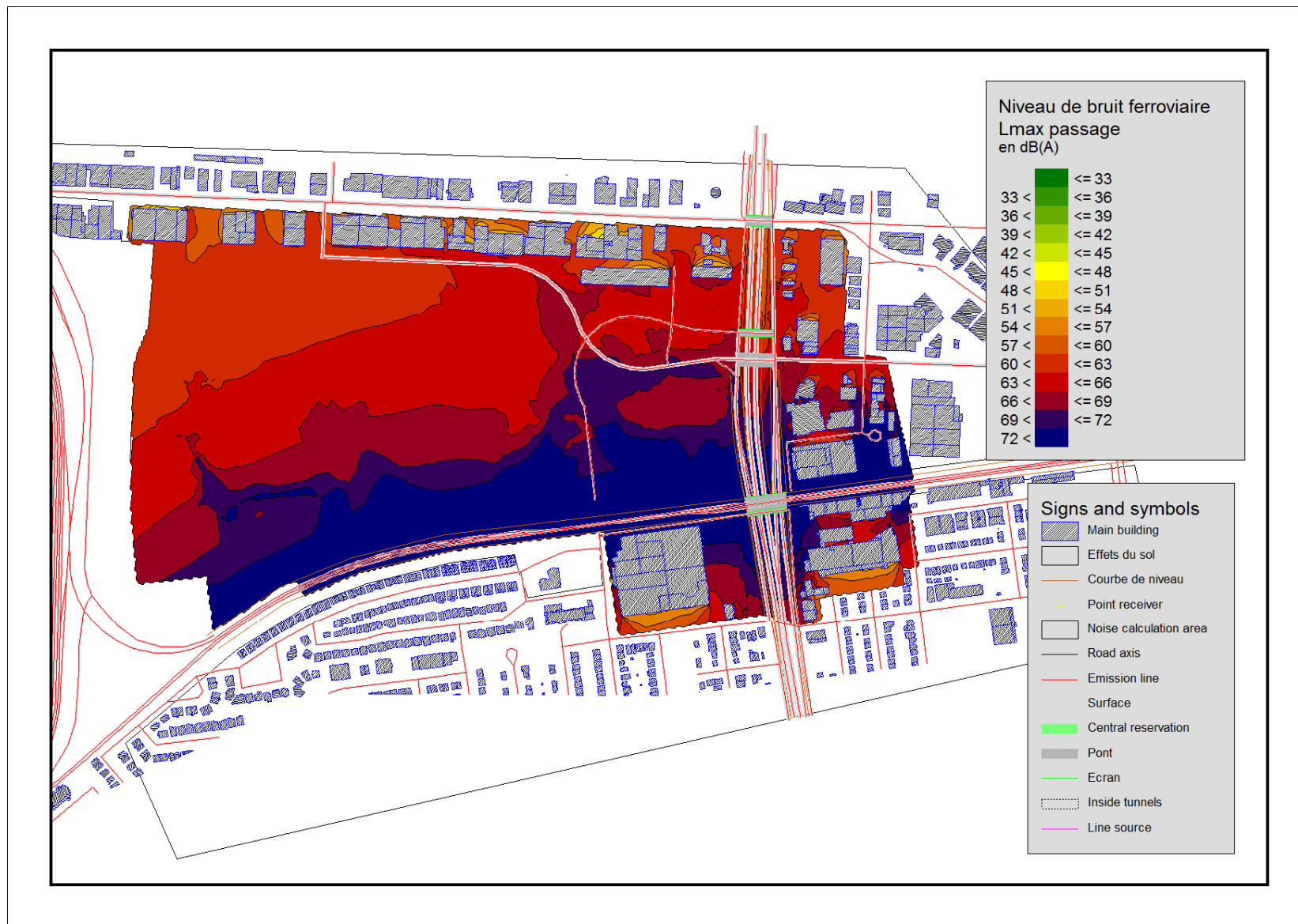


Figure 14 Carte de la contribution maximum au niveau sonore du bruit ferroviaire sur un passage de train (L_{max})



3.6 Résultats et analyse de l'étude de la couverture partielle de l'autoroute A15

Les résultats des simulations acoustiques de l'étude de la couverture partielle de l'autoroute A15 sont aussi présentés sous forme de carte de niveau sonore. Deux cartes différentes des niveaux sonores sont présentées sur les figures 14 et 15 :

- Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 non couverte (ponts actuels) et l'ajout des bâtiments futurs à proximité;
- Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 couverte sur une distance de 130 mètres et l'ajout des bâtiments futurs à proximité.

La couverture partielle de l'autoroute A15 ne permet pas de réduire sensiblement le niveau sonore au niveau des bâtiments voisins. La comparaison des deux cartes des figures 16 et 17, montre que les niveaux sonores sont assez semblables. En effet, la couverture partielle de l'autoroute n'a aucun impact sur le bruit émis par le boulevard Décarie, de part et d'autre de l'autoroute. Or, il apparaît que ce boulevard induit une contribution au niveau sonore élevé.

Une solution serait alors de complètement réorganiser les abords de l'autoroute Décarie afin de limiter au maximum le trafic à l'extérieur de la couverture. Ceci demanderait d'abaisser le boulevard Décarie au niveau de l'autoroute afin de le couvrir aussi et de repenser le système de desserte et d'échangeurs locaux. Cette solution est tout de même difficilement envisageable, car de nombreuses infrastructures sont déjà présentes de part et d'autre de l'autoroute et notamment le tunnel du métro.

Cette solution de couverture totale pourrait éventuellement être testée et simulée lors d'une étude complémentaire. De plus, il est possible qu'une couverture de l'autoroute seule sur une distance plus grande ait un effet plus efficace sur la réduction du niveau sonore ambiant. Cette solution pourrait être testée lors d'une étude complémentaire.

Figure 15 Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 non couverte (ponts actuels) et l'ajout des bâtiments futurs à proximité

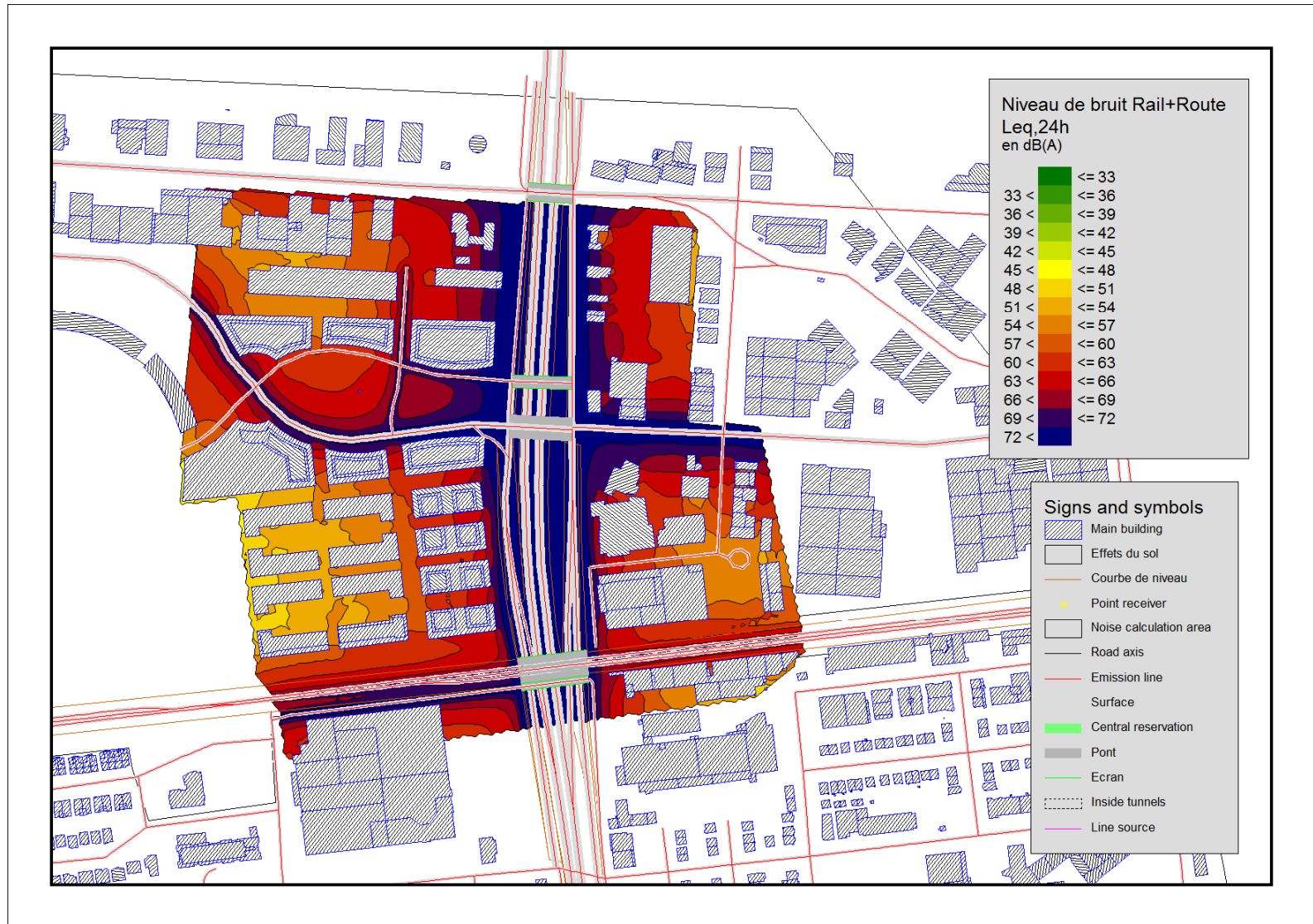
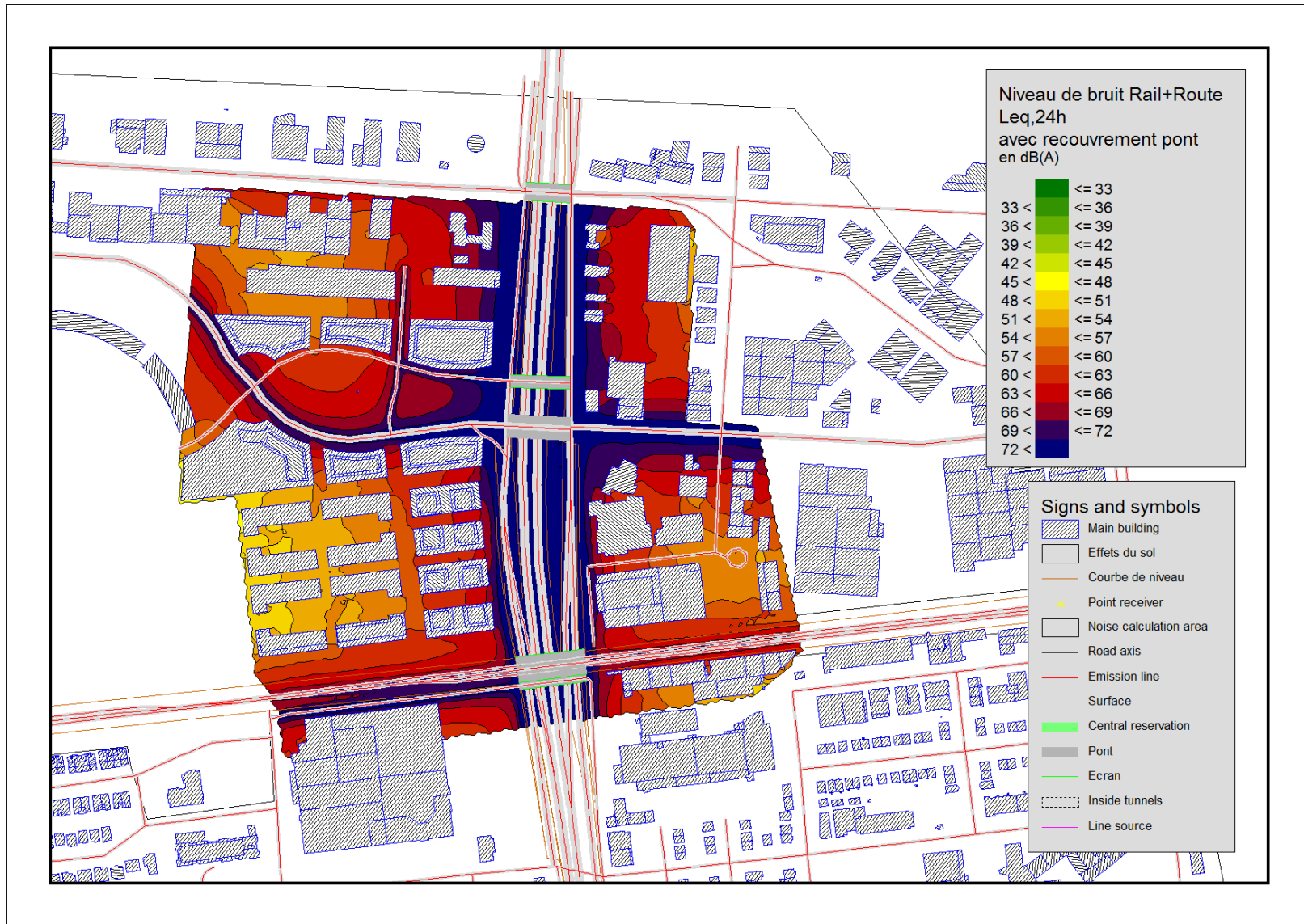


Figure 16 Carte cumulée du niveau sonore du bruit routier et ferroviaire sur 24h ($L_{eq,24h}$) pour l'autoroute A15 couverte sur une distance de 130 mètres et l'ajout des bâtiments futurs à proximité



3.7 Conclusion

La première principale source de bruit repérée sur le site est l'autoroute Décarie A15 et les deux portions du boulevard du même nom. Ainsi, la définition d'un programme de limitation des niveaux sonores devra forcément passer par une action sur ces voies de circulation ensemble. La couverture de l'autoroute A15 seule sur une longueur de 130 mètres de part et d'autre de la rue Jean-Talon Ouest, ne permet pas de réduire sensiblement les niveaux sonores dans la zone.

Il a été repéré que le niveau de bruit L_{max} au passage des trains sur la ligne « Adirondaks » de nuit est supérieur au seuil recommandé de 60 dBA par l'OMS pour un sommeil de qualité. Cependant, ce seuil est spécifié lorsque plus de 10-15 passages sont audibles durant la nuit et lors des mesures, seule une moyenne de 7 passages a été repérée. L'implantation des bâtiments et/ou solutions de mitigation (voie partie 5) le long de la voie devra tout de même être réalisée afin d'abaisser le niveau de bruit L_{max} au passage des trains en dessous du seuil de 60 dBA dans les zones résidentielles. En effet, il est possible que, à l'avenir, le trafic ferroviaire soit plus conséquent et que le nombre de passages soit de plus de 15 par jour.

4 ÉTUDE VIBRATOIRE

4.1 Description des méthodes de mesure et de calcul vibratoires

Deux différentes méthodes de mesure ont été utilisées pour caractériser les niveaux vibratoires provenant des trains et leur propagation dans le sol :

- Une mesure des niveaux vibratoires à long terme en différents emplacements le long des voies ferrées afin de quantifier les niveaux vibratoires émis par le passage des trains. Cette mesure a permis d'évaluer la force injectée dans le sol lors du passage des trains à environ 15 mètres de distance. L'emplacement des points de mesure vibratoire lors du passage des trains est présenté sur la figure 6. Sur cette figure, les points de mesure de bruit sont appelés PB et ceux de vibration PV;
- Une mesure de la décroissance des niveaux vibratoires dans le sol à proximité de la voie ferrée afin de caractériser l'atténuation des niveaux vibratoires avec la distance. Le critère utilisé est la mobilité. Ces mesures ont été réalisées sur l'îlot central à proximité de la bretelle d'accès à la gare de triage.

La mesure de décroissance vibratoire est valide entre 8 et 100 Hz, car les signaux mesurés sont cohérents pour cette gamme de fréquences. La combinaison de l'évaluation de la force injectée lors du passage d'un train et de l'atténuation de la mobilité en fonction de la distance permet de prédire les niveaux vibratoires induits par le passage des trains à n'importe quelle distance. L'extrapolation des fonctions de mobilité en fonction de la distance a été réalisée grâce à un modèle en puissance.

Il est important de noter que les mesures n'ont pas pu être effectuées à proximité des voies comme il est d'usage de le faire pour évaluer précisément les vibrations émises par le passage des trains. Une mesure à 1 ou 2 mètres des voies aurait été préférable, mais le CP n'a pas permis l'accès aux voies lors du passage des trains. Ce type de mesures vibratoires seraient recommandées si une étude complémentaire est menée afin d'affiner les distances critiques spécifiées dans ce rapport. Cependant, l'atténuation des niveaux vibratoires au niveau des fondations des bâtiments et dans le bâtiment n'a pas été prise en compte dans les calculs. Les prévisions des niveaux vibratoires réalisées se placent donc dans une hypothèse majorante.

La description détaillée de ces mesures est décrite en Annexe B.

4.2 Résultats des mesures vibratoires

Le passage de plusieurs trains à proximité de la voie « Adirondacks » a été clairement repéré sur les fichiers de mesure vibratoire. Ainsi, les niveaux vibratoires moyens typiques lors des passages d'un train de fret du Canadien Pacifique et d'un train de transport de voyageurs de l'AMT ont été séparés. De même, le passage induisant le plus de vibrations pour chaque type de train a été isolé. Ces niveaux

sont présentés sur la figure 17. La figure 18 présente les mobilités en tiers d'octave à 3, 6, 12 et 24 m de distance d'une voie de chemin de fer sur le site de test. Les résultats détaillés des calculs (mobilités en bandes fines, cohérences en bandes fines, niveaux vibratoires, etc.) sont fournis en Annexe D. Ensuite, il a été possible de calculer la force injectée dans le sol lors du passage des différents types de train, et ce, au droit des points PV2 et PV3 en combinant les mobilités et les niveaux de vitesses vibratoires mesurées (figure 19).

Figure 17 Niveaux de vitesse vibratoire, en tiers d'octave et en m/s, mesurés dans le sol au point PV3 pour différents types de train

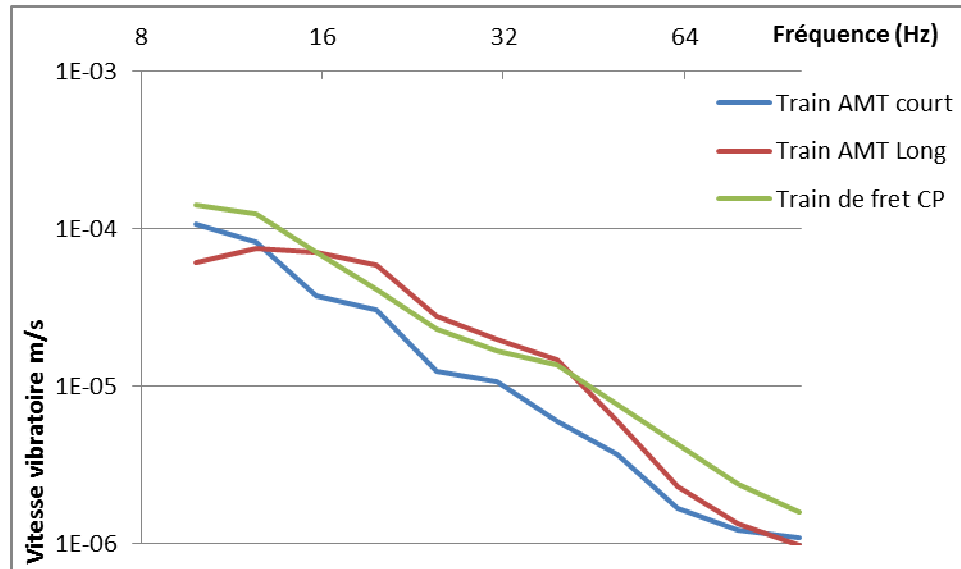


Figure 18 Mobilités calculées aux différentes distances, tiers d'octave en m.s⁻¹/N

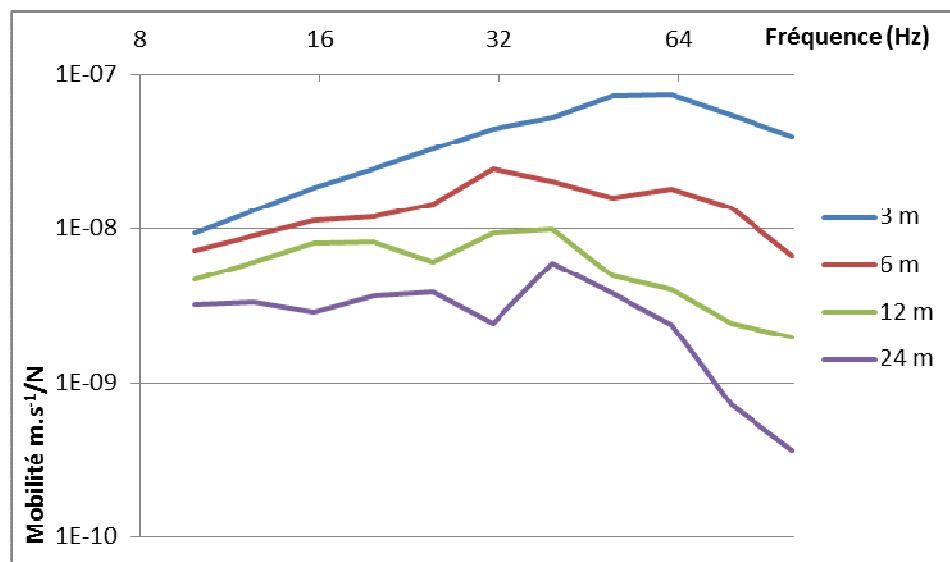
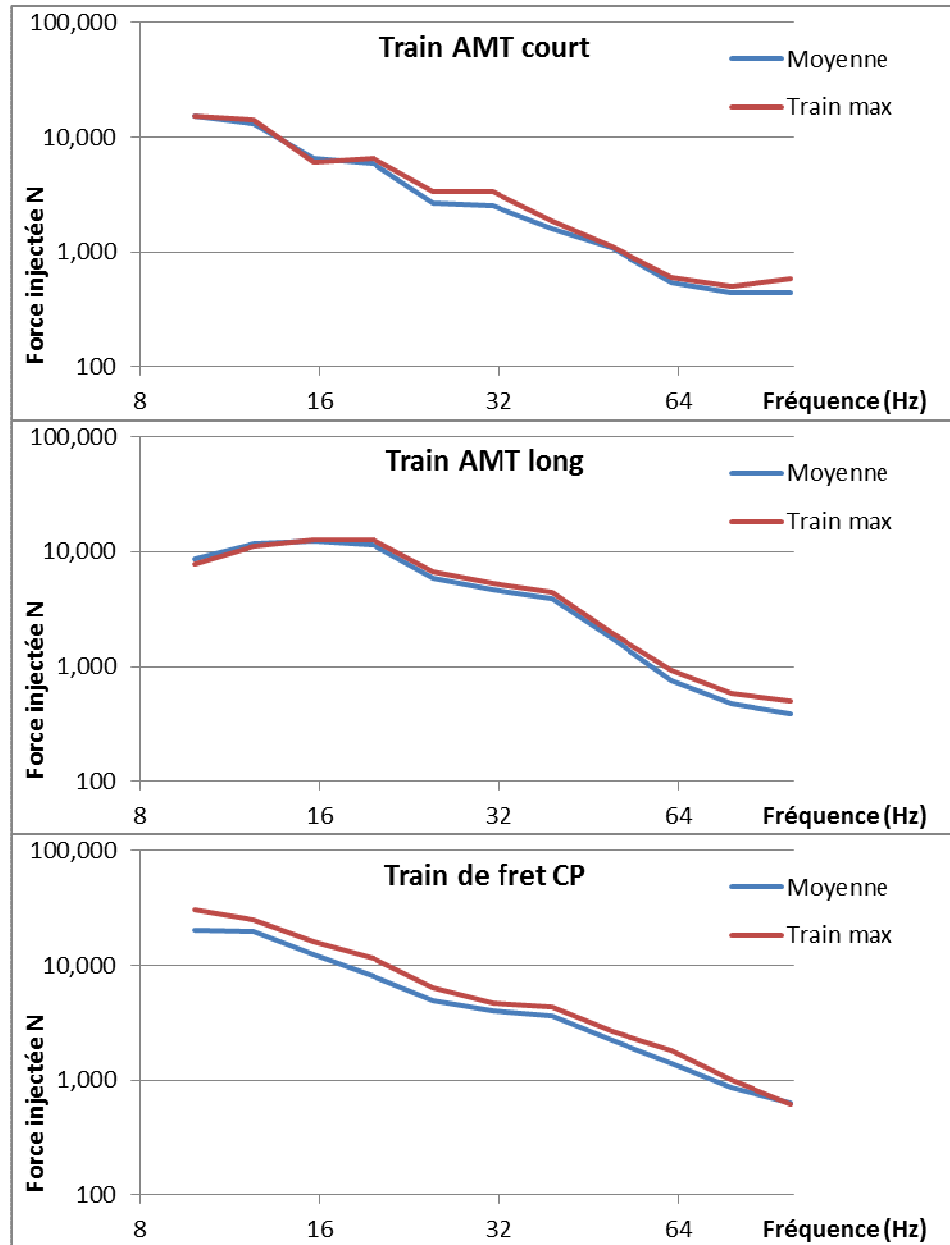


Figure 19 Forces injectées dans le sol, calculées en tiers d'octave et en N lors du passage d'un train de l'AMT ou du CP



4.3 Résultats des simulations vibratoires

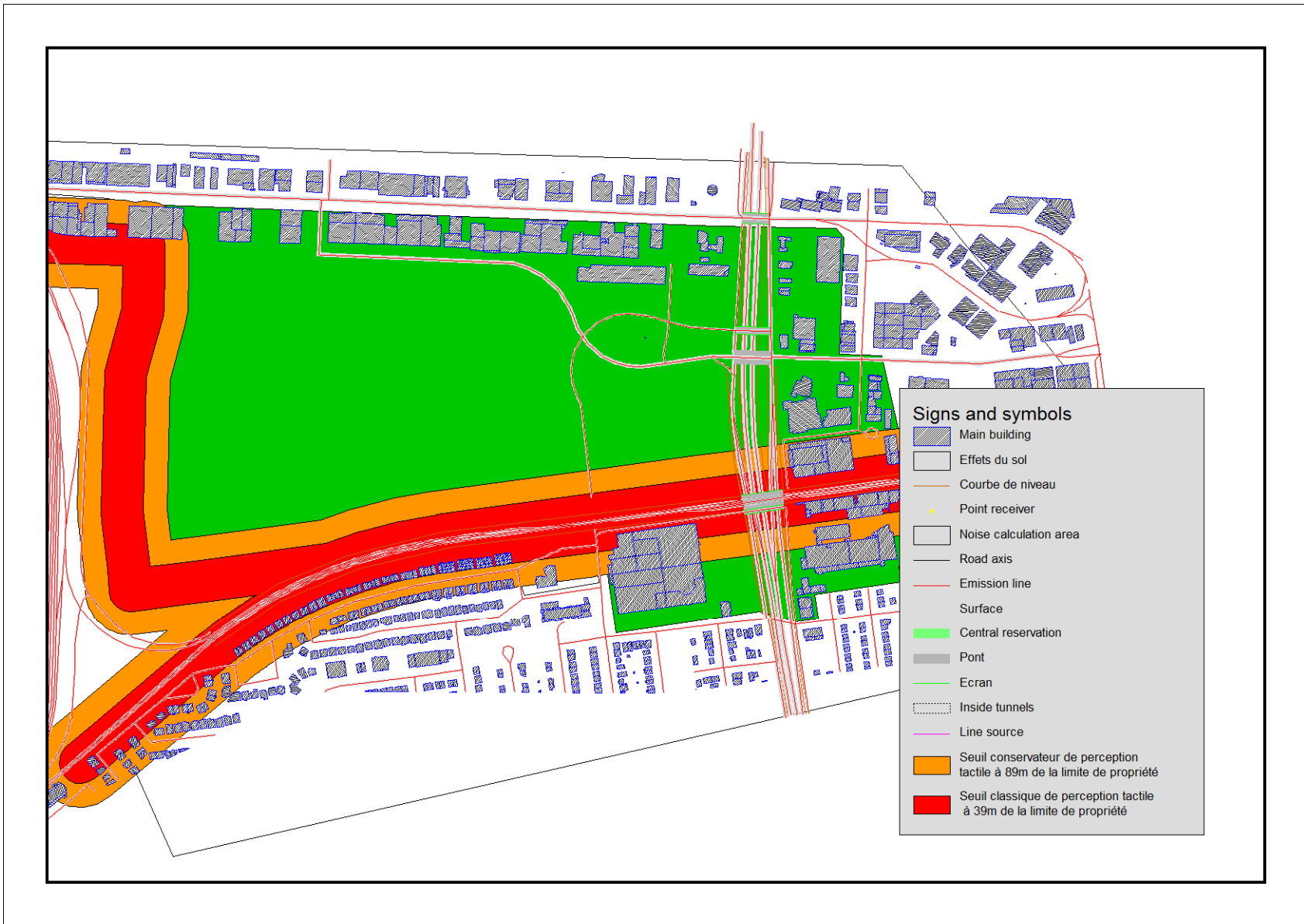
À partir des données présentées dans le paragraphe précédent, il a été possible de calculer les distances minimales à respecter pour que les niveaux vibratoires soient inférieurs aux deux seuils spécifiés. Les résultats de ces calculs de distance minimale à respecter sont présentés dans le tableau VIII. En faisant l'hypothèse qu'il est possible qu'un train passe à la limite de propriété du site du côté de la voie Adirondacks et de la gare de triage, il a été possible de construire une carte des distances à respecter pour la construction de bâtiments à proximité des voies et de la gare de triage. Cette cartographie est présentée sur la figure 20.

Tableau VIII Distances minimales à respecter en fonction des seuils vibratoires choisis

Distance minimale (m)	Seuil classique de perception tactile 0.14 mm/s	Seuil conservateur de perception tactile 0.10 mm/s	Seuil de perception du bruit solidien
Train AMT court	8	18	4
Train AMT long	7	10	4
Train de fret du CP	39 ^a	83 ^a	4

Notes : ^a Ces distances minimales ont été calculées grâce à une méthode de calcul majorante ne prenant pas en compte l'atténuation possiblement apportée par le couplage entre le sol et les fondations du bâtiment et la transmission dans le bâtiment.

Figure 20 Carte des distances minimales à respecter pour la protection contre les nuisances vibratoires



4.4 Analyse et conclusion

Une distance de 39 mètres minimum des voies du CP et de la gare de triage est recommandée pour la construction de bâtiments destinés pour des usages sensibles (habitation, école, hôpital, garderie, etc.) afin d'éviter la perception des vibrations dans les locaux. Afin de se prémunir de toute éventuelle nuisance, une distance de 84 mètres est même préférable. Cette distance de 84 mètres est proche de celle recommandée par l'ACFC/FCM (75 mètres).

Compte tenu du caractère très basses fréquences des vibrations mesurées lors du passage des trains, il est très peu probable que du bruit solidien soit réémis dans les bâtiments. Cependant il est recommandé de réaliser une mesure et une analyse plus précise du spectre vibratoire émis par les trains en effectuant une mesure des vibrations émises à proximité des voies (1 à 2 mètres).

5 RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDUCTION DU BRUIT

Voici quelques pistes de réflexion pour prendre en compte le facteur bruit dans l'aménagement urbain de ce type de zone. Les recommandations données ici ne sont pas exhaustives et se limitent à des considérations adaptées à la gestion du bruit et des vibrations lors de l'aménagement d'un site résidentiel non-construit à proximité de bruit d'origine ferroviaire et routier. Elles sont inspirées des documents [3] et [13]. Les cas du bruit aérien et du bruit industriel ne sont pas envisagés ici en détail, car ces types de bruit ne sont pas dominants sur le site d'étude de l'actuel hippodrome.

Plusieurs solutions sont possibles pour réduire le bruit :

- Réduction du bruit à la source d'émission, c'est-à-dire dans le cas de cette étude les véhicules roulants;
- Réduction du bruit lors de sa propagation;
- Aménagement urbain.

Il faut noter qu'une réduction du bruit de 3 dBA est juste perceptible alors qu'une réduction de 10 dBA correspond à la perception d'un niveau sonore deux fois moins élevé. Les différentes solutions de réduction du bruit données ci-après ne sont pas forcément toutes cumulables. Il est nécessaire de réaliser une étude au cas par cas afin d'évaluer l'interaction entre l'efficacité de ces différentes solutions.

5.1 Réduction du bruit à la source

Afin de réduire le bruit à la source, il est bien sûr possible de réduire directement les émissions sonores des différents moyens de transport (voitures, camions, trains, etc.). Cependant, ce point ne sera pas abordé dans le présent rapport d'étude, car les solutions sont assez complexes à mettre en œuvre et demandent une coordination étroite avec les fabricants. Il pourra faire l'objet d'une étude complémentaire. Dans cette partie seront plutôt abordées les émissions sonores lors de l'interaction du véhicule avec son environnement immédiat.

5.1.1 Amélioration de la surface de roulement

Concernant le bruit routier, plusieurs tests ont déjà été réalisés dans le monde sur des enrobés bitumineux peu bruyant lors du passage des voitures. Ce type d'enrobé permet une réduction du niveau sonore des véhicules sur pneu jusqu'à 5 dBA. Cependant il est important de noter que cette efficacité diminue avec la vitesse et le gain est assez minime pour des vitesses faibles. De plus, ce type d'enrobé est difficilement utilisable au Québec. En effet, des tests effectués par le MTQ ont montré que ce type de revêtement résiste très mal à la rigueur de l'hiver.

Concernant le bruit ferroviaire, il est possible d'éviter l'apparition de bruit supplémentaire en réalisant un entretien préventif de l'état de surface des rails et

des roues. La création de plats aux roues entraîne inévitablement une augmentation du bruit généré lors du roulement causé par une succession de chocs entre la roue et le rail. Il est donc important de veiller à limiter au maximum l'apparition de plats aux roues. Il semble que l'AMT réalise un suivi régulier de l'état des roues de son parc de véhicule roulant. Le CP ferait cette vérification moins régulièrement. Un ré-usinage des roues est possible jusqu'à un certain point si la roue entre toujours dans le gabarit limite de fonctionnement du véhicule. Un autre type de bruit de choc est créé lors du passage des trains sur des joints non soudés. Pour l'instant, la voie « Les Adirondacks » est constituée de rail soudé non créateur de ce type de bruit. Enfin, une manière de gagner quelques décibels sur le bruit au passage et de surveiller la rugosité des roues et de la voie. Une amélioration de l'état de surface du rail et de la roue peut être effectuée par usinage.

5.1.2 L'onde verte

L'onde verte est une technique de régulation de la circulation automobile sur un axe de circulation. Pour que le principe soit applicable, l'axe en question doit comporter plusieurs intersections consécutives équipées de feux de circulation. Il consiste à synchroniser les feux afin que les véhicules roulant à la vitesse choisie rencontrent systématiquement des feux au vert. La circulation devient alors très fluide. Toute la problématique réside dans le réglage des feux des axes traversés par l'onde verte. Il est cependant possible de mettre en place des systèmes calculant en temps réel la meilleure optimisation possible pour les deux sens de circulations simultanément. L'onde verte induit une frustration pour l'automobiliste désirant rouler à une vitesse plus élevée que permise. Si celui-ci persiste à vouloir rouler à une vitesse supérieure à celle de l'onde, il devra s'arrêter à chaque intersection sur l'axe. Il n'a donc pas d'autre choix que d'obtempérer.

5.1.3 Réduction de la vitesse

Pour le bruit routier, une réduction de 10 km/h de la vitesse implique une baisse subséquente du niveau sonore de 0.7 à 1 dBA pour des vitesses élevées (supérieures à 90 km/h) et de 1 à 1.5 dBA pour des vitesses plus faibles (entre 50 et 90 km/h). Ainsi la création de « zones 30 » (vitesse limitée à 30 km/h) dans les zones précédemment limitées à 50 km/h implique pour un revêtement de chaussée normal une réduction du niveau sonore de plus de 3 dBA (figure 22d).

Pour le bruit ferroviaire, la réduction de la vitesse des trains apparaît contradictoire avec le contexte économique et la demande accrue de transport en commun. Pour exemple, une réduction de la vitesse de 100 à 80 km/h impliquerait une réduction du bruit au passage d'environ 3 dBA. Cependant, étant donné le petit nombre de trains passant sur les voies à proximité du site, cette solution n'aurait qu'un impact très faible sur la réduction du bruit moyen sur la journée $L_{eq,24h}$, de jour L_d et encore moins de nuit L_n .

La réduction de la vitesse aurait tout de même l'intérêt de réduire le potentiel de gêne dû au bruit lors du passage d'un train et permettrait donc, de nuit, de limiter les risques de perturbation du sommeil (réveil).

5.2 Réduction du bruit à la transmission

L'implantation de solution de mitigation du bruit lors de la transmission dans l'environnement est la solution la plus souvent mise en œuvre par les collectivités, car elle n'implique pas de modification des sources de bruits (véhicules roulants dans notre cas).

5.2.1 Barrière anti-bruit

La solution la plus simple, mais la plus consommatrice en surface de terrain est la création d'une zone tampon. Ce type de zone permet une séparation spatiale entre la source de bruit et les zones à protéger. Le bruit est alors atténué normalement avec la distance.

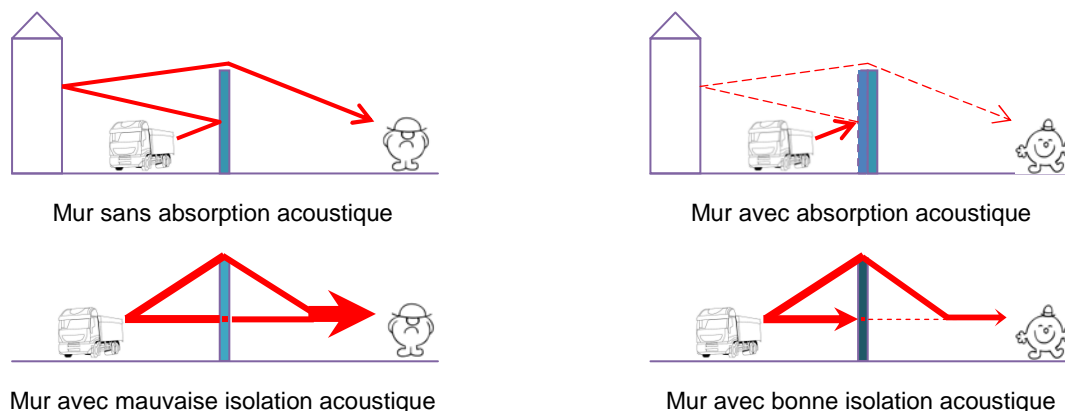
Afin de réduire la largeur d'une zone tampon, il est classiquement possible d'y implanter une butte de terre et/ou une barrière anti-bruit. Il est alors très important que cette solution de mitigation soit placée le plus proche possible de la source de bruit (figure 22c). La mise en place d'une butte de terre est plus recommandée, car elle permet d'utiliser les remblais excavés lors des travaux de construction des bâtiments et d'aménagement urbain, mais permet aussi la création de zones naturelles plantées. Moins chères que les barrières anti-bruit, ces buttes impliquent cependant une emprise au sol assez élevée, car leurs pentes typiques ont un ratio de largeur sur hauteur de deux pour un. La création d'une barrière anti-bruit permet d'avoir une emprise moins large sur le terrain, mais nécessite la mise en place d'une structure porteuse et de fondations. Les décideurs choisissent souvent une solution hybride d'implantation d'une butte de terre surmontée d'un mur d'environ un mètre de haut.

Pour le bruit ferroviaire, les barrières anti-bruit ont typiquement une hauteur de 4 à 5 mètres de hauteur afin de protéger le premier étage des bâtiments. Il est aussi recommandé que leur masse surfacique soit d'au moins 20 kg/m^2 afin d'apporter une isolation acoustique assez élevée (figure 21). Il est important de noter que, dans la plupart des cas, le fait de végétaliser un mur n'apporte pas de performances supplémentaires. Ce type de mur est cependant souvent beaucoup mieux accepté de par son esthétique et son intégration urbaine. Les végétaux seuls (taillis, fourrés, forêts, etc.) n'ont pas de performance en termes de réduction du bruit. Ils permettent cependant d'atténuer la nuisance psychologique en cachant la source de nuisance.

Ces types de barrière sont limités en hauteur et ne permettent donc pas de protéger des bâtiments de plusieurs étages. Dans ce cas, un bâtiment peut aussi jouer le rôle de barrière anti-bruit. Il est alors nécessaire que ce bâtiment ait une façade continue en limite de propriété et une hauteur suffisante pour protéger les bâtiments situés derrière. Ce bâtiment peut alors être des garages, des bureaux, des commerces ou des industries légères. Dans ce dernier cas, il faut toutefois faire attention au bruit que ces industries légères peuvent elles-mêmes générer.

Afin d'éviter les réflexions intempestives entre les bâtiments et les murs antibruit de part et d'autre d'une infrastructure bruyante, il est recommandé que le mur ait des propriétés élevées d'absorption acoustique du côté de l'infrastructure (figure 21).

Figure 21 Utilité de l'absorption acoustique sur une des faces d'un mur antibruit et d'une isolation acoustique élevée



5.2.2 Couverture des voies

Une solution de réduction de bruit provoqué par une infrastructure terrestre est de la couvrir totalement ou partiellement. Ainsi, si la couverture possède une isolation acoustique élevée, toute la zone couverte ne contribue plus au niveau de bruit ambiant. Cependant, ce type de solution doit être envisagé sur de grandes distances, car il apparaît dans tous les cas une augmentation du bruit à l'entrée/sortie du tunnel.

Pour limiter cet effet d'amplification à l'entrée/sortie, il est possible de recouvrir les éléments constitutifs de l'entrée du tunnel créé avec des matériaux absorbants. Ainsi, une partie du bruit régénéré sera absorbé et l'effet négatif observé sera limité.

5.2.3 Optimisation de la façade

Afin de protéger les espaces intérieurs des différents bâtiments, une attention particulière peut être portée à l'insonorisation de la façade. La SCHL spécifie en effet que dans les zones soumises à un niveau de bruit sur 24h compris entre 55 dBA et 75 dBA, la construction de logements n'est possible que si on insonorise de façon adéquate le bâtiment.

En ce sens, la plupart du temps ce sont les fenêtres qui sont les éléments les plus faibles de l'assemblage de façade. Il faudra donc veiller à limiter la surface totale de fenêtre sur la façade la plus exposée et à s'assurer des performances des vitrages installés. Un double vitrage est dans tous les cas recommandé avec des épaisseurs de vitrages asymétriques afin de limiter la résonance du vitrage. Il est aussi important de veiller particulièrement aux jonctions entre les différents éléments des façades et ceci plus particulièrement dans le cas de la construction d'une façade de type mur rideau.

La forme et les matériaux de la façade peuvent aussi être optimisés en termes d'absorption et de diffusion acoustique afin de limiter la réflexion et la focalisation du son. Ainsi une façade vitrée uniforme possède les plus mauvaises qualités

acoustiques relativement aux problématiques de bruit environnemental. Il est plutôt recommandé de dimensionner des façades aux reliefs les plus variés possible et d'utiliser des matériaux moins réfléchissants. Il est aussi possible d'implanter des matériaux absorbants aux emplacements protégés des façades. Ainsi, les sous-faces inférieures des balcons peuvent être recouvertes de matériaux absorbants (figure 22b). Le matériau utilisé doit alors être assez résistant aux intempéries (ajout d'un film de Mylar, panneaux de protection en métal ou en bois perforé, etc.).

5.3 Aménagement urbain

5.3.1 Aménagement de la voie routière

La plupart des aménagements des voies routières s'accompagnent d'un abaissement des vitesses pratiquées. Cependant, il faut dans ce cas veiller à ne pas rendre le trafic moins fluide et modifier le comportement des automobilistes (régime moteur plus élevé, klaxons, etc.) ce qui pourrait alors avoir l'effet inverse de celui escompté. Ce type de solution pourrait être envisagé au niveau des rues Paré et Jean-Talon Ouest afin de limiter le bruit de proximité créé par ces routes. L'aménagement doit alors s'inscrire dans une réflexion globale afin d'éviter que les automobilistes ne considèrent l'aménagement comme un obstacle. Le parcours doit donc être fluide et ne pas être perçu comme une suite d'aménagements à franchir. Étant donné la présence de camions lourds traversant le site, il faut chercher à éviter au maximum les arrêts de circulation sur ces axes afin de limiter les bruits élevés de moteurs au redémarrage.

Parmi les aménagements possibles, plusieurs solutions peuvent porter leurs fruits dans le cas du site de Namur-De la Savane :

- Les ralentisseurs sont à éviter, car cette zone est susceptible d'être empruntée par des camions lourds. Il est en effet prouvé que ce type de véhicule émet un niveau sonore plus élevé au passage de ralentisseur et crée plus de vibrations;
- Les chicanes peuvent être envisagées, car elles permettent de limiter la vitesse des véhicules sans pour autant mettre un point d'arrêt. Il faudra tout de même veiller à ce que la courbure de ces chicanes ne soit pas trop élevée afin de permettre un passage fluide des éventuels camions;
- Les carrefours giratoires permettent par rapport à un carrefour classique avec panneau « arrêt » de gagner jusqu'à 3 dBA sur le niveau de bruit global. Il implique cependant une emprise sur le terrain un peu plus grande;
- Les zones dites surélevées, en plaçant la route et les trottoirs au même niveau, permettent de rapprocher physiquement les véhicules et les piétons. Il est ainsi prouvé que le comportement des automobilistes devient plus attentif et bienveillant du fait de la proximité immédiate des piétons. Il est souvent de mise d'associer ces zones surélevées à des zones de circulation apaisées (« zone 30 » par exemple) et de limiter au maximum la signalisation afin de responsabiliser au maximum les conducteurs. Ce type de solution ne peut être implanté dans une zone à fort trafic, car cela impliquerait trop de dangers pour les piétons.

5.3.2 Position relative des bâtiments

Nous avons vu précédemment qu'il est possible d'utiliser des bâtiments comme barrière anti-bruit. Ces bâtiments devront être de type commercial ou des bureaux afin d'être moins sensibles aux niveaux sonores élevés. Il est aussi possible de prévoir l'implantation de stationnements couverts ou extérieurs (zone tampon) du côté de la source de bruit. Les stationnements couverts peuvent même être accolés au bâtiment résidentiel, et placés au plus proche de la source de bruit afin de servir d'écran pour les étages supérieurs (figure 22a).

Il est important de réfléchir à l'implantation relative des bâtiments. Une orientation adaptée des bâtiments les uns par rapport aux autres permet souvent de limiter la transmission du bruit dans les zones voulues comme calmes. Comme présenté sur la figure 23, les bâtiments en « U » ou en « L » doivent être implantés dos aux infrastructures bruyantes avec leurs jardins du côté opposé à la source de bruit (figures 23a et b). De plus il est toujours préférable d'aligner les bâtiments longs avec l'infrastructure bruyante afin d'éviter l'effet d'amplification (figures 23c et d).

L'aménagement intérieur des immeubles résidentiels peut être réfléchi afin de réduire l'exposition au bruit des pièces les plus sensibles. Ainsi, il est recommandé d'orienter les chambres sur la façade la moins exposée du bâtiment. À l'inverse, il est recommandé de placer les parties communes (corridors et escaliers) du côté de la façade la plus exposée. Ceci est aussi vrai pour les immeubles à bureaux.

Figure 22 Représentation schématique de différentes solutions de réduction du bruit

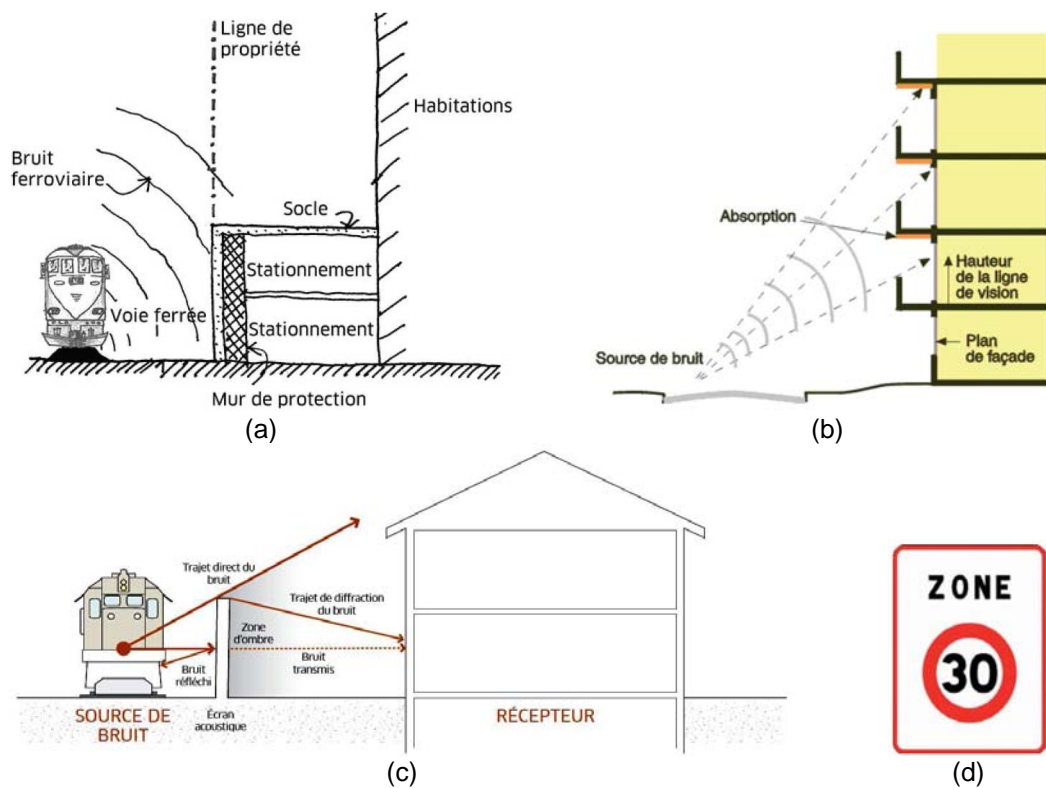
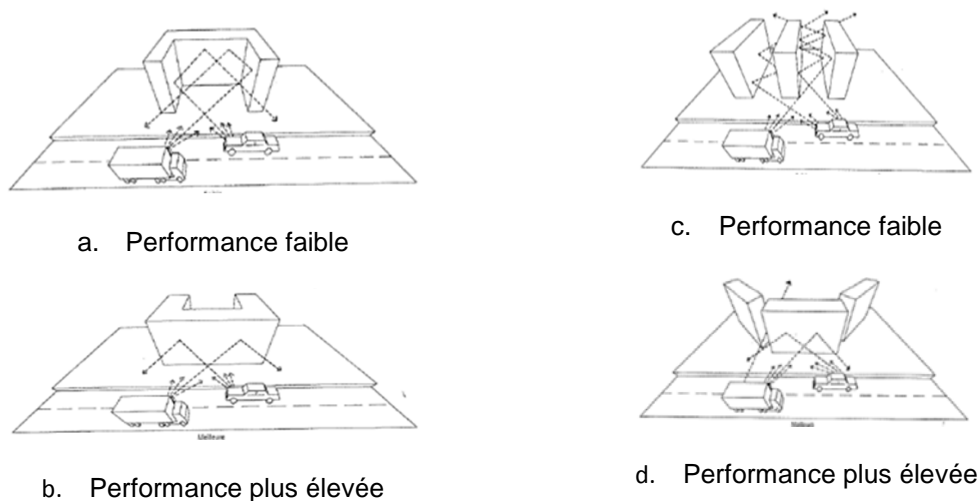


Figure 23 Recommandation d'implantation relative des bâtiments afin d'optimiser l'environnement sonore



6 RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDUCTION DES VIBRATIONS

Voici quelques pistes de réflexion pour prendre en compte le facteur vibration dans l'aménagement urbain de ce type de zone. Les recommandations données ici ne concernent que les vibrations d'origine ferroviaires pour des lignes aménagées en surface, car ce sont les seules émissions mesurées sur le site d'étude. Elles sont inspirées des documents [3] et [13]. Les cas des vibrations d'origine industrielles ou pour des lignes ferroviaires enterrées n'ont pas été envisagés ici en détail, car ces types de vibrations ne sont pas perceptibles actuellement.

Pour les émissions vibratoires considérées, les niveaux mesurés et simulés ne sont pas dangereux pour l'intégrité de la structure des bâtiments.

Si des bâtiments sensibles aux vibrations doivent être implantés dans une zone perturbée, plusieurs solutions sont possibles pour réduire les vibrations d'origine ferroviaire :

- Réduction des vibrations à la source d'émission, c'est-à-dire, dans le cas de cette étude, le chemin de fer;
- Réduction des vibrations sur leur chemin de propagation.

6.1 Réduction des vibrations à la source

Les composantes fréquentielles des émissions vibratoires des trains sont liées à leur système de suspension. Ainsi, l'optimisation du système de suspension des trains permet de réduire sensiblement les niveaux vibratoires. L'ajout d'un étage secondaire de suspension, s'il est bien dimensionné, peut aussi être une solution. Cependant, ce type de traitement doit être réalisé par les fournisseurs de matériel roulant ou les exploitants ce qui implique une volonté de leur part en ce sens.

Il est aussi possible de réduire la rugosité des roues et de la surface de roulement (rugosité du rail) par usinage. La meilleure solution dans ce cas est de réaliser un entretien préventif du matériel et de l'infrastructure. Le traitement de l'infrastructure pourrait être réalisé uniquement dans les zones sensibles aux abords d'habitations.

Enfin, différents types de pose de voie et d'équipement de voie ferrée existent étant plus ou moins émetteurs ou transmetteurs des vibrations. Parmi ceux-ci, il est important de noter que :

- Tout comme pour les émissions sonores, les joints soudés entre rails sont très peu émetteurs de vibrations alors que les joints vissés sont souvent problématiques de par l'existence d'un espace entre les deux rails joints provoquant un choc à chaque passage de roue. La ligne « Adirondacks » est entièrement réalisée en rails soudés sur la zone considérée;
- Il existe différents systèmes d'attache des rails sur les traverses et en particulier des attaches résilientes permettant de limiter la transmission vibratoire;

- Il est possible d'intercaler un matériau résilient sous le rail ou les traverses afin de limiter la transmission vibratoire. Ces matériaux souvent appelés « semelles » nécessitent le soulèvement de la voie pour être implantés. Il est aussi possible de placer un tapis résilient sous le ballast. Ces solutions permettent une réduction du niveau vibratoire de 8 à 15 dB.
- La solution la plus efficace est l'implantation d'une dalle flottante. La création d'une dalle béton suspendue grâce à des matériaux résilients permet d'abaisser la fréquence de résonance de la voie et d'augmenter l'efficacité du traitement. Une réduction du niveau vibratoire de plus de 20 dB peut alors être atteinte. Cette solution est aussi efficace dans des gammes de fréquences plus basses que les solutions précédentes.

6.2 Réduction des vibrations à la transmission

Étant donné le caractère basses fréquences des vibrations d'origine ferroviaire, il est assez difficile de mettre en place des solutions de mitigation efficace. Dans ce cas, la meilleure solution pour s'affranchir des nuisances induites par les vibrations est de créer une zone tampon sur laquelle aucun usage sensible n'est prévu. La présente étude recommande des distances minimums de construction de bâtiments (voir fig. 20) destinés pour des usages sensibles pour lesquelles aucun risque de perturbation d'origine vibratoire n'est prévisible dans la situation actuelle.

La création de tranchées vides ou comblées de matériau résilient permet en théorie de limiter la transmission des vibrations. Cependant, pour qu'elles soient efficaces en pratique, leur profondeur doit être tellement élevée que leur construction est pratiquement impossible. Ainsi, aux fréquences d'excitation vibratoire d'un matériel ferroviaire, ces tranchées devraient être profondes de plusieurs dizaines de mètres pour être efficaces. Des essais de limitation de la transmission des vibrations ont aussi été réalisés en coulant des plots en béton dans le sol afin de modifier l'homogénéité du sol. Ces tests ont donné des résultats positifs (plusieurs décibels de réduction du niveau vibratoire), mais impliquent de même l'ajout de plots à de très grandes profondeurs et donc un coût très élevé.

Enfin, si un bâtiment doit être implanté dans une zone perturbée par les vibrations, il est possible d'isoler sa structure au niveau du sol ou au niveau d'un des étages du bâtiment. Ceci est classiquement effectué grâce à l'ajout de boîtes à ressorts reprenant toutes les forces d'appui du bâtiment ou en intercalant un matériau de type élastomère sous les fondations du bâtiment ou sur toute la section du premier étage. La structure du bâtiment n'étant plus en liaison rigide avec le sol, la transmission des vibrations est limitée. Il convient de dimensionner avec précision la déflexion des ressorts et/ou du matériau résilient afin de filtrer les fréquences vibratoires mises en jeu.

7 SYNTHÈSE ET CONCLUSION GÉNÉRALES

7.1 Repérage des zones perturbées

En mettant en relation les cartes de bruit et de vibration avec les seuils acoustiques et vibratoires repérés, il a été possible de créer une carte de « zonage » en fonction de l'utilisation possible des différentes zones (figure 24). Les différentes zones suivantes ont été définies :

- Zone propice à l'implantation d'usages sensibles : zone où tous les seuils spécifiés sont respectés;
- Zone intermédiaire où les usages sensibles doivent être protégés du bruit : solution de mitigation du bruit ou isolation de façade optimisée;
- Zone tampon ou réservée pour des usages non sensibles : dépassements des limites de bruit et vibrations.

Les zones propices à l'implantation d'usages sensibles sont celles où les climats acoustique et vibratoire sont en adéquation avec une bonne qualité de vie (confort dans les zones récréatives et protection du sommeil des habitants). Les zones à priorité commerciales et industrielles ne nécessitent pas un environnement acoustique et vibratoire aussi protégé de par l'utilisation qui en est faite. Ces espaces peuvent être utilisés comme zones tampons afin de protéger les zones destinées aux usages sensibles. Les zones propices pour l'implantation d'industries, possiblement émettrices de bruit et de vibrations sont placées en priorité à une grande distance des zones destinées aux usages sensibles.

L'ACFC et la FCM recommandent le respect d'une marge de recul entre des bâtiments et la limite de l'emprise d'une ligne ferroviaire de 30 mètres à proximité d'une ligne principale de première ou deuxième catégorie, de 300 mètres aux abords d'une gare de triage ferroviaire et de 75 mètres à proximité d'une voie de raccordement.

7.2 Synthèse des recommandations pour le cas particulier du territoire d'étude

À la lumière de l'étude bibliographique synthétisée dans les parties 5 et 6, plusieurs solutions décrites ci-devant peuvent être appliquées au cas du territoire d'étude inclus dans le secteur Namur-De la Savane.

AUTOROUTE A15

Il a été clairement repéré que la principale source de bruit est l'autoroute A15 et le boulevard Décarie. Il est nécessaire de réfléchir à la mise en place d'une solution de mitigation du bruit le long de ce boulevard afin de limiter la transmission des nuisances sonores. Les solutions de réduction du trafic ou de la vitesse ne sont pas envisageables cependant compte tenu de la nécessité de transit nord-sud. En revanche, plusieurs solutions sont possibles :

- La construction d'un mur de quelques mètres de haut de part et d'autre du boulevard Décarie protégerait les futurs bâtiments de faible hauteur à proximité. Ces bâtiments de faible hauteur occuperaient alors une zone tampon. Ceci permettrait de construire des bâtiments de plus grande hauteur à une distance plus élevée;
- L'implantation de bâtiments de grande hauteur tout le long de l'autoroute et du boulevard. Ceux-ci joueraient le rôle de barrière anti-bruit afin de protéger les bâtiments situés plus loin;
- Le réaménagement du boulevard peut aussi être envisagé. Ce type de solution nécessiterait de grands travaux, mais permettrait de réaliser une fois pour toutes une solution globale et durable de limitation du bruit. En ce sens, la meilleure possibilité serait alors de repenser les systèmes de desserte de l'autoroute et du boulevard et de les couvrir sur une distance optimale.

Étant donné que la source de bruit prépondérante dans la zone est du site est l'autoroute A15 et le boulevard Décarie, il est recommandé d'aligner les bâtiments directement en front de cet axe de circulation et d'y exclure les usages sensibles, tel que l'habitation.

CIRCULATION APAISÉE

Dans les zones destinées aux usages sensibles, il est recommandé la création de zones de circulation apaisée :

- Pour les axes de circulation mineurs dans les zones résidentielles, la création de « zones 30 », de « zones 40 » ou de passages surélevés;
- Pour les axes de circulation majeurs, une réduction de la vitesse et l'interdiction des camions. Les camions passeraient alors par la rue Paré.

Afin de fluidifier le trafic, l'utilisation de l' « onde verte » (voir partie 5.1.2) a depuis longtemps donné de bons résultats. Deux « ondes vertes » pourraient être créées sur les rues Jean-Talon Ouest et Paré.

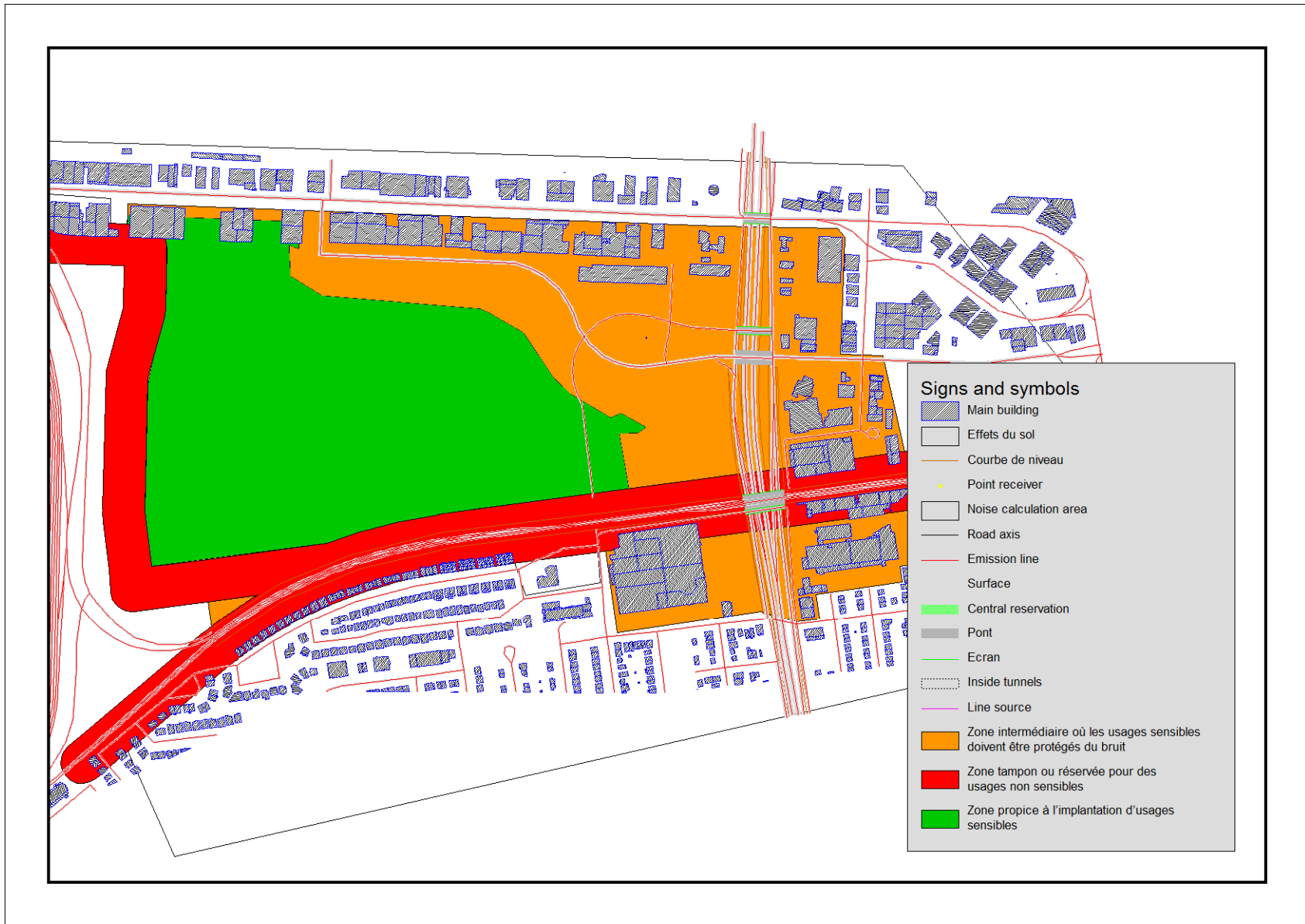
CAMIONS LOURDS

Le territoire d'étude étant actuellement traversé par un grand nombre de camions lourds et bruyants, il est recommandé de créer un couloir de transit pour ces camions. Ainsi, la rue Paré pourrait être la seule rue autorisée pour les camions lourds afin d'utiliser les actuelles petites industries le long de cette rue comme écran au bruit. Les rues Jean-Talon Ouest et des Jockeys seraient alors interdites aux camions lourds.

TRAFIC FERROVIAIRE

Enfin, le matériel ferroviaire doit être en bon état en permanence et l'apparition de plats aux roues des trains du CP peut entraîner l'apparition de bruits de choc augmentant sensiblement le niveau maximum L_{max} au passage d'un train. Il serait donc judicieux de demander au CP de réaliser une surveillance régulière de l'état des roues de son matériel roulant.

Figure 24 Carte de zonage du type d'utilisation du site



Afin de limiter le niveau sonore lors du passage des trains, il est possible de penser à implanter une barrière antibruit le long de l'infrastructure ferroviaire. Ceci permettrait de réduire le niveau sonore au passage et de limiter les nuisances sonores de nuit lors du passage des trains. En effet, une augmentation du trafic ferroviaire pourrait entraîner une augmentation du bruit généré et devenir une source de gêne majeure.

GARE DE TRIAGE

Les émissions sonores de la gare de triage mesurées ne sont pour l'instant pas problématiques pour l'implantation d'usages sensibles (habitation, école, hôpital, garderie, etc.). Les activités vraiment bruyantes de cette zone de triage ferroviaire sont en effet situées à plus de 1 km de la limite de propriété du site à l'étude. Mais si l'activité de cette zone de la gare de triage venait à changer (chargement de conteneurs sur des trains ou des camions, grues, etc.), les émissions sonores pourraient être plus nuisibles.

CONCERTATION

Afin que l'organisation de mesures préventives et la mise en place de solutions de protection acoustique de ce type de zone soient efficaces, il est important que tous les acteurs du projet participent au processus de réflexion et soient informés de l'efficacité des moyens mis en œuvre.

7.3 Perspectives

La réduction du niveau de bruit routier passe forcément par des actions d'aménagement de l'autoroute Décarie et du boulevard du même nom. WSP recommande donc de pousser plus avant les simulations de réaménagement du site en testant une solution de couverture totale de l'autoroute et du boulevard (solution nécessitant une étude complexe de modification des voies de raccordement) ainsi qu'une solution de couverture de l'autoroute seule sur une distance plus grande.

Il est important de noter que les mesures vibratoires n'ont pas pu être effectuées à proximité des voies ferroviaires comme il est d'usage de le faire pour évaluer précisément les vibrations émises par le passage des trains. Une mesure à 1 ou 2 mètres des voies aurait été préférable, mais le CP n'a pas permis l'accès aux voies lors du passage des trains. Une mesure complémentaire est donc recommandée en ce sens afin d'affiner les distances critiques spécifiées dans ce rapport.

Les activités de la gare de triage, tel qu'elles sont organisées actuellement, ne sont pas gênantes pour l'implantation d'usages sensibles du site. Cependant, si ces activités venaient à changer, et ce, notamment sur la partie voisine du site d'étude (voie de raccordement et chargement/déchargement des voitures), une étude acoustique et vibratoire serait nécessaire.