

*Mesure acoustique de conformité
au règlement 98-01 du MDDEP*

IMTT Québec Inc.

Rapport de mesure

Version finale

Rapport réalisé pour
M. Pierre Pelletier, ing.

Par



Michel Pearson, ing. M. Sc.
Dave Nadeau, tech.

Réf.: 10-03-29-M

Soft dB

Juillet 2010

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE.....	3
2. OBJECTIF	4
3. MÉTHODOLOGIE.....	4
3.1. RELEVÉS SONORES	4
3.2. INSTRUMENTATION.....	4
3.3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	5
4. NORMES.....	5
5. LOCALISATION DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE.....	6
6. ANALYSE DU CLIMAT SONORE.....	7
6.1. MESURE DU BRUIT RÉSIDUEL DU SECTEUR RÉSIDENTIEL (OU BRUIT DE FOND HORS DE L'INFLUENCE DU SITE)	7
6.2. MESURE DU BRUIT AMBIANT MESURÉ AU SITE SENSIBLE (RÉSIDENCE R1)	8
6.3. MODÉLISATION DE L'IMPACT SONORE	9
6.3.1. Description du modèle acoustique.....	9
6.3.2. Sources sonores	11
6.3.3. Impact sonore simulé pour le scénario d'opérations maximales.....	14
7. CONCLUSION	17
ANNEXE A DIRECTIVE 98-01	19
ANNEXE B DESCRIPTION DU MODÈLE ACOUSTIQUE ET DES MÉTHODES DE CALCUL AVEC L'OUTIL LOGICIEL CADNAA	21
ANNEXE C FICHES DE MESURE.....	22
ANNEXE D PUISSANCE ACOUSTIQUE DES SOURCES [LWA].....	30
ANNEXE E ÉVALUATION DES CORRECTIONS KI, KT ET KS	31

1. CONTEXTE

Présent dans le Port de Québec depuis plus de 30 ans, IMTT-Québec opère un important terminal public de vrac liquides au Canada. Sept nouveaux réservoirs ont été mis en service et une étude de bruit est nécessaire afin de quantifier l'impact sonore de ces nouvelles opérations. Les principales sources sonores associées à IMTT sont : les déplacements de wagons, la présence de bateaux, les pompes et la circulation de camions citerne.

Le type d'opérations effectuées par IMTT-Québec ne permet pas d'interrompre l'ensemble des activités, pour effectuer des mesures de bruit résiduel. De plus, plusieurs autres sources de bruit importantes sont présentes entre le site d'exploitation et les résidences (Autoroute Dufferin-Montmorency, Usine Papiers White Birch, Voie ferrée du CN,...). Dans cet environnement complexe, une évaluation rapprochée des sources et une approche par simulation ont été requises afin d'isoler l'impact sonore des activités de IMTT.

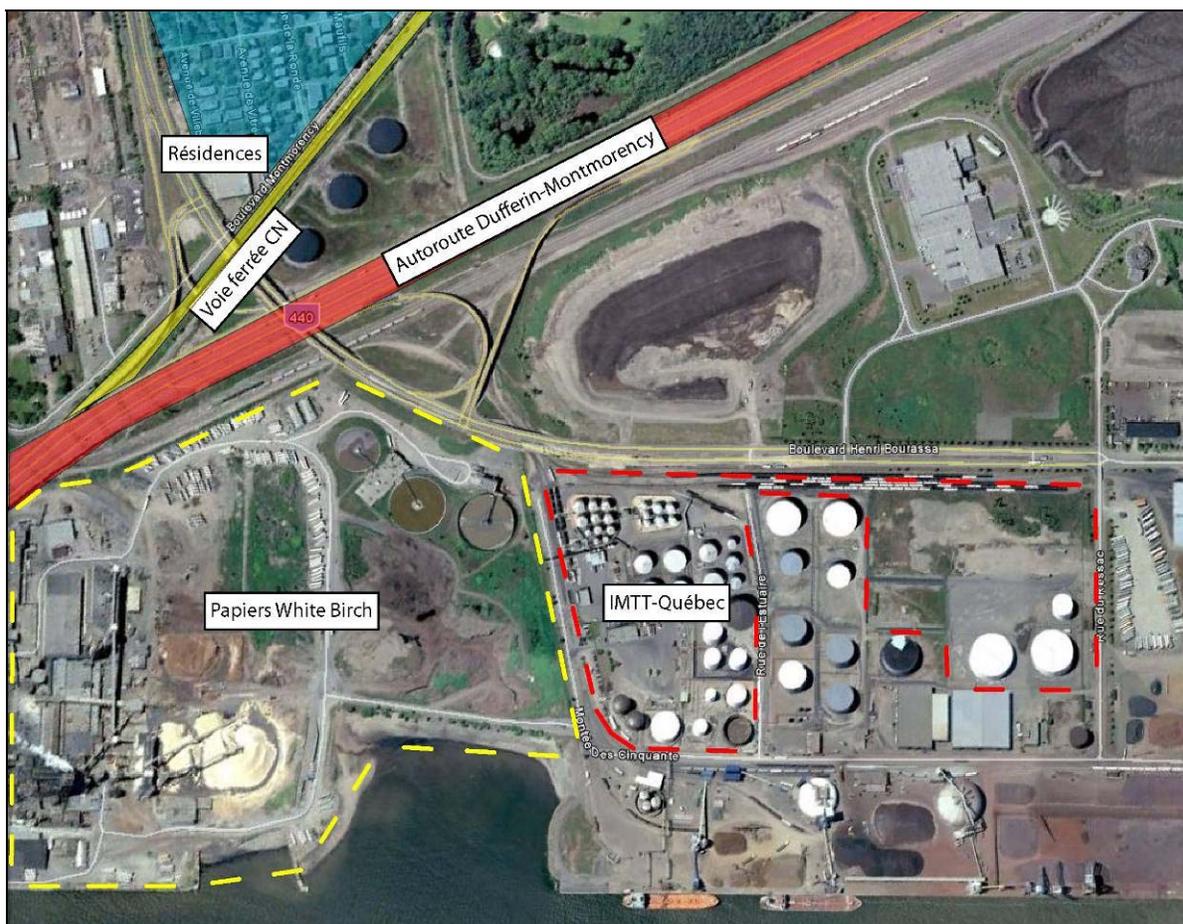


Figure 1 : Localisation du secteur

2. OBJECTIF

L'objectif de cette étude, est de quantifier l'impact sonore des opérations d'IMTT-Québec aux résidences rapprochées et de valider la conformité par rapport au règlement 98-01 du MDDEP (ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs).

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Relevés sonores

- **Mesure du bruit résiduel du secteur en période de jour et de nuit**

Le bruit résiduel du secteur a été caractérisé sur une période de 24 heures continues.

- **Mesure du bruit ambiant**

Le bruit ambiant à la résidence la plus rapprochée a été mesuré sur une période d'une heure pendant la période de jour et de nuit.

Le bruit ambiant a été mesuré aux limites de propriété de l'usine IMTT.

- **Vérification de la conformité par rapport au règlement 98-01 du MDDEP.**

3.2. Instrumentation

Le tableau suivant fait état des instruments de mesure acoustique utilisés lors des relevés sonores du 5 mai 2010. Les équipements ont été calibrés avant et après chaque séance de mesures. Les instruments utilisés sont de classe 1.

Tableau 1: Instrumentation

Description	Compagnie	Modèle	No Série
Analyseur intégrateur	Larson-Davis	LD 2900	2900A0382
Système d'acquisition 2 canaux	Soft dB	ALTO	8010802
Système d'acquisition 2 canaux	Soft dB	ALTO	7121103
Microphone	Larson-Davis	PRM900C	1394
Microphone	BSWA	MA231	480103
Microphone	BSWA	MA231	480069
Calibreur microphone	Brüel & Kjaer	Type 4231	2170189

3.3. Conditions météorologiques

Lors des relevés sonores, les conditions météorologiques ont respecté les spécifications de la directive 98-01, soit :

- La vitesse du vent¹ n'a pas excédé 20 km/h;
- Le taux d'humidité n'a pas excédé 90 %;
- La chaussée était sèche et il n'y avait pas de précipitations;
- La température ambiante est demeurée à l'intérieur des limites des tolérances spécifiées par le fabricant de l'équipement de mesure.

Les données météorologiques sont présentées en détails à l'Annexe C.

4. NORMES

NOTE D'INSTRUCTION 98-01 DU MDDEP
(MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS)

L'instruction 98-01 du MDDEP fixe le niveau de bruit maximum $L_{ar,1h}$ en fonction de la catégorie de zonage. Le Tableau 2 présente le niveau de bruit maximal applicable au secteur résidentiel selon la note d'instruction [Annexe A].

Tableau 2 : Niveaux sonores maximaux en fonction de la catégorie de zonage

Zonage	Description	Nuit [dB(A)]	Jour [dB(A)]
I	Résidentiel	40 ou bruit résiduel*	45 ou bruit résiduel*
III	Parc récréatifs	50 ou bruit résiduel*	55 ou bruit résiduel*
IV	Industriel	70 ou bruit résiduel*	70 ou bruit résiduel*
Période		19 h à 7 h	7 h à 19 h

*Le seuil retenu correspond à la valeur la plus élevée

Toujours selon la Directive 98-01, lorsque le niveau de bruit résiduel $L_{aeq,1h}$ du secteur est supérieur à la limite prévue dans la catégorie de zonage, le niveau de bruit résiduel du secteur devient la limite à respecter. Le niveau de bruit résiduel est le niveau de bruit mesuré lorsque l'usine est en arrêt complet ou hors de l'influence de la source de bruit.

¹ Seul un dépassement du vent à 28 km/h a été observé entre 21h00 et 22h00 le 5 mai 2010 lors de l'évaluation du bruit résiduel du secteur.

5. LOCALISATION DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

La Figure 2 illustre la localisation des points d'échantillonnage sonore. Le bruit ambiant a été mesuré à la résidence (R1) sise au 1002 Ave Vitré. Cette résidence, même si elle est la plus rapprochée du site d'exploitation d'IMTT, demeure éloignée de 590 m à 1200 m des sources sonores du site d'IMTT.

La mesure du bruit résiduel du secteur a été effectuée à proximité du presbytère sur la 8^e Avenue à Limoilou, en période de jour et de nuit (voir Figure 2). L'échantillonnage du bruit résiduel a été effectué à un site jugé en dehors de l'influence du bruit d'IMTT, vu l'impossibilité d'arrêt complet des activités d'IMTT. Les critères de sélection de l'emplacement ont été :

- 1) distance comparable par rapport à l'autoroute Dufferin-Montmorency;
- 2) distance comparable par rapport à une voie du CN;
- 3) distance comparable par rapport à l'usine Papiers White Birch;
- 4) dans un secteur jugé hors de l'influence d'IMTT-Québec (en plus d'être éloignée d'au moins 1150 m des limites du site d'IMTT, l'usine Papiers White Birch forme un écran entre les 2 sites).

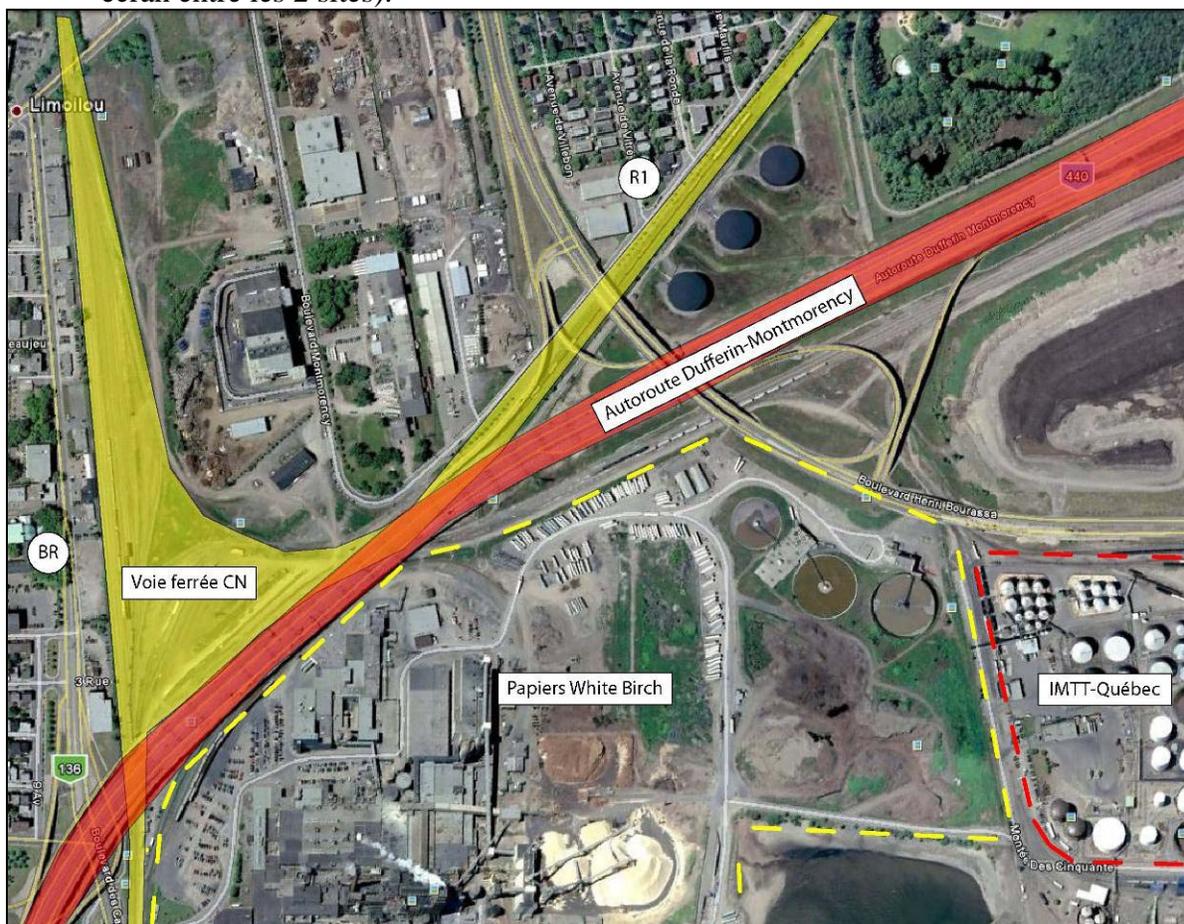


Figure 2 : Localisation des points d'échantillonnage

6. ANALYSE DU CLIMAT SONORE

6.1. Mesure du bruit résiduel du secteur résidentiel (ou bruit de fond hors de l'influence du site)

Étant donné le niveau d'activité élevé du secteur résidentiel (autoroute Dufferin, activités ferroviaires, circulation locale, bruit de fond de la ville,...), le niveau de bruit résiduel est la référence à respecter selon le Règlement 98-01 du MDDEP (voir Tableau 3).

Le bruit résiduel a été caractérisé à l'aide de l'indice statistique L95%, le niveau de bruit jugé le plus représentatif de ce secteur pour chaque période simultanée au relevé sonore effectué à la résidence. Les niveaux de bruit résiduel complets, mesurés pour la période de 24h, sont présentés à l'Annexe C.

Tableau 3 : Niveau sonore résiduel en période critique

Point de mesure	Durée de l'échantillonnage	Période	L95% mesuré [dB(A)]	Sources sonores pendant les relevés (en ordre d'importance)
Bruit résiduel (point BR)	1 heure	Jour 12h00-13h00	55.7	<ul style="list-style-type: none"> - Circulation routière locale et de l'autoroute Dufferin-Montmorency - Bruits des industries (Papiers White Birch) ou commerces à proximité - Activités ferroviaires - Bruits d'origine naturelle
		Nuit 0h00-01h00	50.0	

6.2. Mesure du bruit ambiant mesuré au site sensible (résidence R1)

Les relevés de bruit ambiant ont été effectués lors des opérations d’IMTT, simultanément aux mesures du bruit résiduel. Les niveaux sonores de bruit ambiant mesurés au site sensible n’ont pas pu permettre de quantifier la contribution sonore des sources liées à IMTT. **Les sources sonores provenant d’IMTT étaient inaudibles et indissociables du bruit ambiant lors des relevés.** Les fiches détaillées de mesures sont présentées à l’Annexe C.

Tableau 4 : Niveau sonore résiduel en période critique

Point de mesure	Durée de l'échantillonnage	Période d'échantillonnage	Correction Kt, Ki, Ks (voir Annexe E)	$L_{aeq, 1h}$ [dB(A)]	Sources sonores pendant les relevés en ordre d'importance
Bruit ambiant (résidence R1)	1 heure	Jour 12h00-13h00	Aucune	59.7	- Circulation routière locale et en provenance de l'autoroute
		Nuit 0h00-01h00	Aucune	53.4	- Bruit d'origine naturelle - Bruit de soupape d'échappement des trois réservoirs en face des résidences - Bruit des industries ou commerces au loin

6.3. Modélisation de l'impact sonore

Afin de lever l'ambiguïté sur l'impact des sources sonores liées à IMTT, une modélisation des sources a permis de quantifier les niveaux sonores exclusivement produit par IMTT, à la rangée de résidences la plus sensible au bruit (résidence R1), au parc nautique (point A1) ainsi qu'aux limites de propriété P1 et P2.

6.3.1. Description du modèle acoustique

L'outil logiciel Cadna-A a été utilisé pour calculer les niveaux sonores produits par le site d'exploitation d'IMTT-Québec. Ce logiciel utilise la méthode de calcul Harmonoise, le meilleur outil de calcul à notre connaissance pour la modélisation du bruit dans l'environnement. Ce récent outil mathématique a été développé par la communauté européenne en 2007 pour unifier les méthodes de calcul et avoir une meilleure représentation physique des phénomènes de propagation. De plus amples détails sur ce puissant outil de modélisation sont présentés à l'Annexe B.

Les modèles acoustiques ont été simulés avec les paramètres suivants :

- Procédure de calcul Harmonoise;
- Température moyenne de 20°C et humidité relative à 70 %;
- Coefficient d'absorption à 0 (où 0 = Parfaitement réfléchissant, 1 = parfaitement absorbant);
- Réflexions des ondes acoustiques;
- Conditions météorologiques neutres (aucun vent, classe de stabilité S3).

Le modèle acoustique tient compte de la topographie du site (niveau du sol par rapport au niveau de la mer). Le niveau du sol entre le site d'exploitation et les résidences sensibles est presque le même.

Des écrans naturels sont présents entre la résidence sensible et le site d'exploitation, soit l'élévation de l'autoroute Dufferin-Montmorency et la route Henri-Bourassa au nord du site. De plus, trois réservoirs sont situés entre le site résidentiel et l'autoroute. Une butte de terre est située à l'ouest du site. Un écran anti-bruit a été aménagé le long du site du parc nautique mais n'a pas été modélisé dans cadna, étant donné le manque d'information. Ainsi, les résultats simulés seront fort probablement plus forts car ils ne tiennent pas compte de l'atténuation supplémentaire du bruit produit par cet écran.

Le modèle acoustique et les relevés sonores, effectués à proximité des sources en opération sur le site, permettent d'obtenir la contribution aux limites du site d'exploitation sans l'influence des facteurs externes.

Afin de valider la fiabilité du modèle Cadna-A, les résultats de la simulation du modèle ont été comparés aux relevés sonores effectués près des sources sonores et aux limites du site d'exploitation d'IMTT-Québec, en tenant compte des sources sonores présentes sur le site lors des mesures.

Les relevés sonores complets effectués à la limite du site sont présentés en détails à l'Annexe C. Toutefois, comme pour les autres relevés sonores, il est difficile d'isoler le bruit produit uniquement par les activités ferroviaires d'IMTT car il y a des activités ferroviaires du CN dans cette zone [voir Figure 3]. De plus, d'autres sources sonores environnementales externes à IMTT ont influencé les relevés sonores (bruit des canons anti-oiseaux sur le site de papier White Birch, autres activités ferroviaires, circulation sur Henri-Bourassa,...).

Tableau 5 : Relevés sonores aux limites du site d'IMTT

Points de mesure	Correction Kt, Ki, Ks (voir Annexe E)	Bruit ambiant L _{aeq} , Jour	Bruit ambiant L _{aeq} , Nuit	Sources sonores
P1	Aucune	68.1	68.3	- Locomotive et wagons [IMTT] - Locomotive et wagons [CN] - Circulation routière sur le boul. Bourassa
P2	Aucune	62.1	60.9	- Canon (contre les oiseaux) [Papiers White Birch] - Activités sur le site de Papiers White Birch - Activités des autres sites industriels



Figure 3 : Zones d'activités ferroviaires (zone de triage des voies du CN et d' IMTT)

6.3.2. Sources sonores

L'évaluation de l'impact sonore aux résidences sensibles est basée sur le scénario d'opérations maximales sur le site d'IMTT. Dans ce scénario, toutes les sources de bruit sur le site sont en opération et le nombre maximal de bateaux pouvant être à quai, soit deux bateaux, ont été simulés (voir Tableau 6 et Figure 11).

Les puissances acoustiques de chaque source ont été quantifiées et calibrées à partir de mesures sur le site et des simulations dans Cadna-A. La source sonore dominante est la locomotive (115.7 dB(A)). Les caractéristiques détaillées des sources sont présentées à l'Annexe D.

Tableau 6 : Identification des sources de bruit

Référence	Source	LwA	Détail
1	Opération de la locomotive	115.7	Figure 4
2	Chargement des wagons (incluant pompes de chargement)	96.7	Figure 5
3	Pompe	101.8	Figure 6
4	Pompe	101.8	Figure 7
5	Circulation de camions	99.9	Figure 9
6	Chargement des camions (incluant pompes de chargement)	89.5	Figure 8
7	Bateau (Quai 50)	104.9	Figure 10
8	Bateau (Quai 51)	104.9	



Figure 4 : Opérations de la locomotive



Figure 5 : Chargement des wagons



Figure 6 : Pompe



Figure 7 : Pompe



Figure 8 : Chargement des camions



Figure 9 : Aire de circulation des camions



Figure 10 : Quai



Figure 11 : Emplacement des sources de bruit

6.3.3. Impact sonore simulé pour le scénario d'opérations maximales

Un niveau sonore de 35 dB(A) a été simulé à la résidence R1 pour le scénario d'opérations maximales des installations d'IMTT (voir Figure 12). Le niveau de bruit est largement en dessous des niveaux sonores observés à la résidence R1 (voir Tableau 7). Par ce résultat, il est clair que le bruit ambiant mesuré à la résidence R1 provient de sources externes qui sont dominantes par rapport aux activités d'IMTT.

Le 2^e site le plus sensible est le parc nautique. Pour ce point, les niveaux sonores simulés sont d'environ 48 dBA sans tenir compte de l'atténuation supplémentaire produite par la butte antibruit située le long du parc.

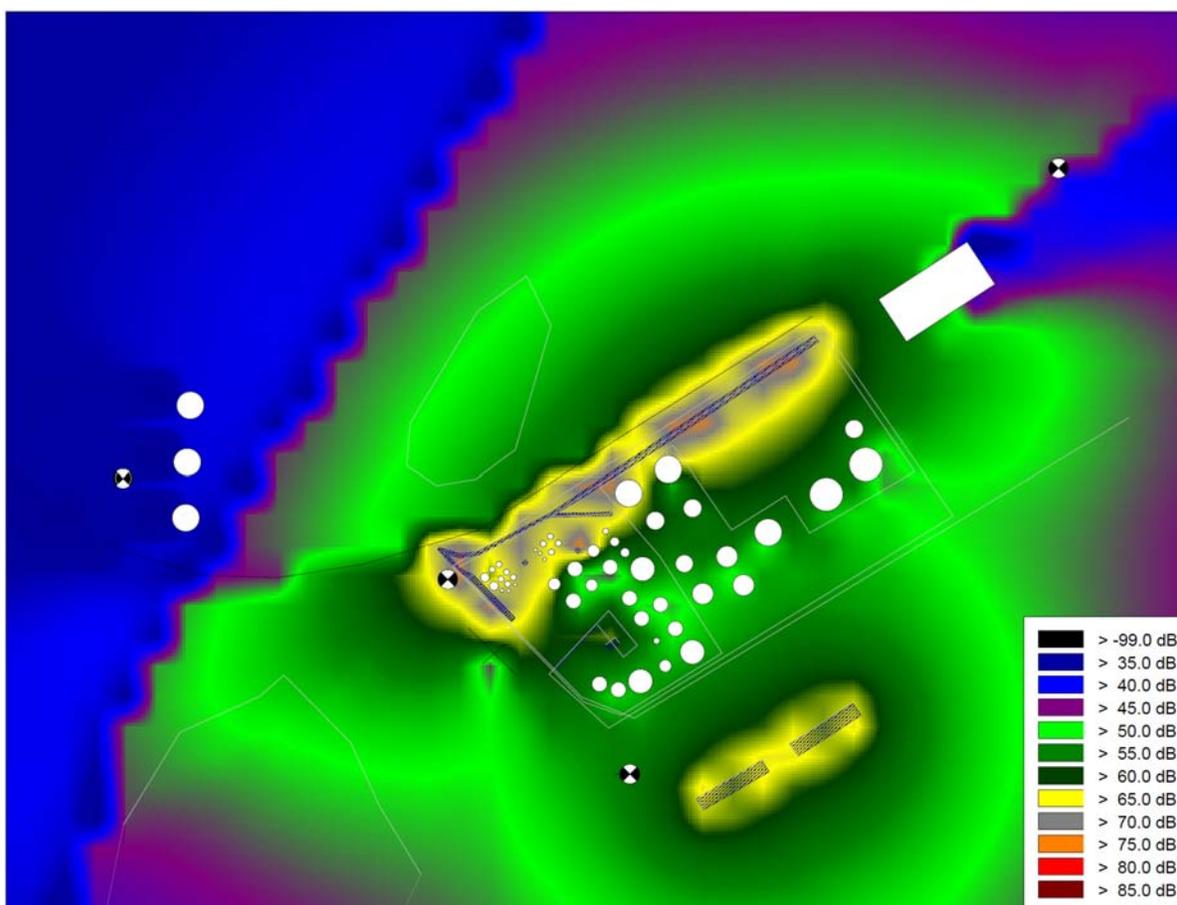


Figure 12 : Carte de bruit de l'impact sonore

Tableau 7 : Résultats de mesure et quantification de l'impact sonore en période de nuit

Localisation		Mesures		Simulation – contribution IMTT	
Point de mesure	Emplacement	Bruit ambiant (IMTT + bruit résiduel du secteur) ($L_{Aeq,1h}$)	Bruit résiduel ($L_{95\%}$)	Correction K_t, K_i, K_s (voir Annexe E)	Impact sonore ² ($L_{Ar, 1h}$)
R1	Résidence (1002, Ave Vitré)	53.4	50.0	Aucune	35.0
P1	Près de l'autoroute	73.7	[Note ³]	Aucune	68.0
P2	Près du quai	59.9		Aucune	55.8
A1	Parc nautique			Aucune	48.3

En isolant la contribution de chacune des sources sonores, on constate que le bruit lié aux opérations de la locomotive est dominant par rapport aux autres sources à la résidence (voir Tableau 8).

Tableau 8 : Contribution des sources dominante à la résidence en période de nuit

Sources	Contribution sonore IMTT [dB(A)]
Opérations de la locomotive	34.6
Pompe (#3)	22.0
Bateau (Quai 51)	13.6
Chargement des wagons	12.5
Pompe (#4)	12.5
Circulation de camions	6.7
Bateau (Quai 50)	6.6
Chargement des camions	3.4
TOTAL	35.0

² Selon la Note d'instruction 98-01, suite à une analyse des spectres de bruit, aucun terme correctif n'est applicable aux niveaux d'impacts sonores. Donc, le $L_{Aeq, 1h}$ correspond au $L_{Ar, 1h}$. [Annexe A]

³ Les données acoustiques sont indisponibles car l'évaluation des niveaux sonores sans l'arrêt des opérations d'IMTT sont pratiquement irréalisables. Aucun site de mesure du bruit résiduel équivalent n'a pu être déterminé. En revanche, l'approche par modélisation a permis de définir la contribution d'IMTT.

L'effet d'écran, dû à la présence de la surélévation de la route Henri-Bourrassa, de l'autoroute-Dufferin-Montmorency ainsi que par la présence des 3 réservoirs situés en face des résidences, contribue à diminuer le bruit en provenance des sources d'IMTT. L'atténuation, due aux écrans acoustiques, est estimée à 13 dB(A) pour la résidence R1 et sert principalement à réduire le bruit des opérations de la locomotive.

7. CONCLUSION

L'étude d'impact a permis de démontrer que **les installations d'IMTT produisent un niveau sonore conforme au règlement 98-01** lors du scénario d'opérations maximales (incluant l'ajout des 7 nouveaux réservoirs). Les pompes, les seules sources sonores attribuables aux réservoirs, produisent des niveaux sonores marginaux par rapport à la locomotive, la principale source sonore sur le site d'IMTT.

La synthèse des niveaux sonores mesurés et simulés pour le scénario d'opérations maximales d'IMTT est présentée au Tableau 9. Les mesures ont permis de caractériser le bruit résiduel du secteur résidentiel et le bruit ambiant avec les opérations d'IMTT aux sites les plus sensibles au bruit. Toutefois, **les mesures de bruit ambiant ne permettent pas de quantifier clairement la contribution d'IMTT en raison de l'importance du bruit résiduel**. L'approche qui a été privilégiée pour isoler la contribution sonore d'IMTT, a donc été de simuler la propagation du bruit des sources sonores mesurées directement sur le site.

Tableau 9 : Conformité de l'impact sonore à la résidence de la zone sensible

Emplacement	Période	Correction Kt, Ki, Ks (voir Annexe E)	Contribution IMTT - Impact sonore simulé ($L_{Ar, 1h}$)	Niveau de bruit maximal selon le zonage [dB(A)]	Limite de bruit retenue ⁴ [dB(A)]	Conformité au règlement 98-01
1002, Ave Vitré	Jour (07h00- 19h00)	Aucune	35.0	45	52.4	<u>Conforme</u>
	40			50	<u>Conforme</u>	
Limite du site d'exploitation près de l'autoroute	Nuit (19h00- 07h00)	Aucune	68.0	70	70 (note ⁵)	<u>Conforme</u>
Limite du site d'exploitation près du quai		Aucune	55.8	70	70	<u>Conforme</u>
Parc nautique		Aucune	48.3	50	50 (note ⁶)	<u>Conforme</u>

⁴ La limite de bruit retenue est fixée à partir du bruit résiduel mesuré en dehors de l'influence des activités d'IMTT. Cette limite a été déterminée à partir de l'indice statistique $L_{95\%}$ jugé représentatif du bruit du secteur, soit la période qui correspond au relevé sonore effectué à la résidence.

⁵ La limite retenue n'est pas clairement établie étant donné que le bruit résiduel est difficilement dissociable entre les activités ferroviaires du CN près de ce point et les activités d'IMTT.

⁶ La limite retenue n'est pas clairement établie étant donné que le bruit résiduel est difficilement dissociable entre les autres activités du port près de ce point et les activités d'IMTT.

Annexe A DIRECTIVE 98-01**Partie 1 - Niveau sonore maximum des sources fixes**

Le niveau acoustique d'évaluation ($L_{A,r,1h}$) d'une source fixe sera inférieur, en tout temps, pour tout intervalle de référence d'une heure continue et en tout point de réception du bruit, au plus élevé des niveaux sonores suivants :

1. le niveau de bruit résiduel (tel que défini dans la méthode de référence au glossaire de la partie 2), ou
2. le niveau maximal permis selon le zonage et la période de la journée, tel que mentionné au tableau suivant :

Zonage	Nuit (dB _A)	Jour (dB _A)
I	40	45
II	45	50
III	50	55
IV	70	70

CATÉGORIES DE ZONAGE**Zones sensibles**

- I : Territoire destiné à des habitations unifamiliales isolées ou jumelées, à des écoles, hôpitaux ou autres établissements de services d'enseignement, de santé ou de convalescence. Terrain d'une habitation existante en zone agricole.
- II : Territoire destiné à des habitations en unités de logements multiples, des parcs de maisons mobiles, des institutions ou des campings.
- III : Territoire destiné à des usages commerciaux ou à des parcs récréatifs. Toutefois, le niveau de bruit prévu pour la nuit ne s'applique que dans les limites de propriété des établissements utilisés à des fins résidentielles. Dans les autres cas, le niveau maximal de bruit prévu le jour s'applique également la nuit.

Zones non sensibles

- IV : Territoire zoné pour fins industrielles ou agricoles. Toutefois, sur le terrain d'une habitation existante en zone industrielle et établie conformément aux règlements municipaux en vigueur au moment de sa construction, les critères sont de 50 dB_A la nuit et 55 dB_A le jour.

La catégorie de zonage est établie en vertu des usages permis par le règlement de zonage municipal. Lorsqu'un territoire ou une partie de territoire n'est pas zoné tel que prévu, à l'intérieur d'une municipalité, ce sont les usages réels qui déterminent la catégorie de zonage.

Le jour s'étend de 7 h à 19 h, tandis que la nuit s'étend de 19 h à 7 h.

Ces critères ne s'appliquent pas à une source de bruit en mouvement sur un chemin public.

1. Niveau acoustique d'évaluation

1.1 Définition et description

Le niveau acoustique d'évaluation est le niveau de pression acoustique équivalent pondéré A, mesuré ou prévu, auquel on ajoute des termes correctifs. Le niveau acoustique d'évaluation est déterminé à partir de la formule suivante :

$$L_{Ar,T} = L_{Aeq,T} + K_I + K_T + K_S, \text{ où}$$

$L_{Ar,T}$ est le niveau acoustique d'évaluation pondéré A pour un intervalle de référence d'une durée T . (Voir détail à l'annexe I);

$L_{Aeq,T}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pour un intervalle de référence T . (Voir détail à l'annexe II);

K_I est un terme correctif pour les bruits d'impact. (Voir détail à l'annexe III);

K_T est un terme correctif pour le bruit à caractère tonal. (Voir détail à l'annexe IV);

K_S est un terme correctif pour certaines situations spéciales, tels les bruits perturbateurs ou les bruits de basse fréquence (Voir détail à l'annexe V);

Remarque : Lorsque aucun terme correctif n'est applicable $L_{Ar,T} = L_{Aeq,T}$.

Annexe B Description du modèle acoustique et des méthodes de calcul avec l'outil logiciel CadnaA

MODULE DE CALCUL HARMONOISE

Actuellement, les logiciels les plus répandus et reconnus sur le plan international sont :

1. CadnaA de Datakustik, reconnu comme un leader international en modélisation acoustique extérieure (<http://www.datakustik.com/en/company>);
2. LIMA de Brüel & Kjaer, premier fabricant d'équipement acoustique;
3. SoundPlan, développé par une firme allemande et assez répandu aux États-Unis et au Canada (<http://www.soundplan.com>).

Pendant plusieurs années, ces différents logiciels disponibles se sont distingués sur plusieurs aspects, dont la méthode de calcul utilisée, chacun proposant une ou plusieurs méthodes de calcul basées sur des normes nationales ou internationales telles que la norme ISO 9613-2, *Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre Partie 2 : Méthode générale de calcul*.

Au début des années 2000, l'importance grandissante de la problématique et des enjeux reliés aux études d'impact acoustique a amené la communauté européenne à standardiser certains éléments, dont la méthode de calcul. Cette standardisation de la méthode de calcul a été effectuée à travers le projet Harmonoise. Dans le cadre de ce projet, un consortium de laboratoires spécialisés en acoustique a eu le mandat de développer la méthode de calcul la plus appropriée possible, basée sur l'état de l'art des recherches dans ce domaine. Les formulations mathématiques développées sont relativement complexes, mais sont du domaine public et disponibles pour tous (voir Technical Report HAR32TR-040922-DGMR20, <http://www.imagine-project.org>). Ces formulations ont été validées sur un grand nombre de cas (plus de 15 000 expérimentations dans 3 pays sur 3 ans). Ce modèle a fait l'objet de plusieurs publications et est aujourd'hui reconnu par la communauté des spécialistes dans le domaine comme le meilleur outil de simulation.

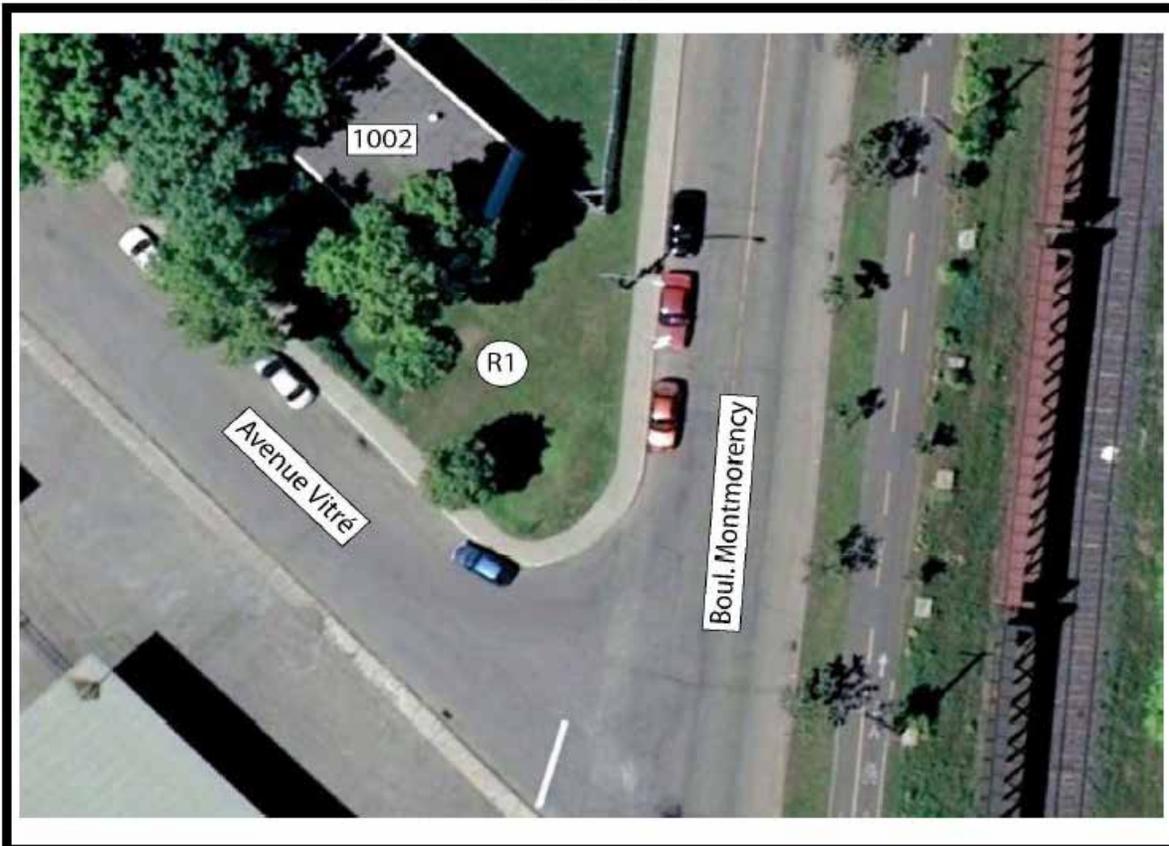
Le modèle de calcul Harmonoise permet de prendre en compte le recouvrement du sol et la réflexion sur les bâtiments, la diffraction et la topographie ainsi que les effets météorologiques, et ce, tout en considérant le contenu spectral de la source. Les conditions météorologiques spécifiques peuvent être prises en compte en fournissant l'amplitude et la direction du vent ainsi que les conditions de stabilité thermique selon l'heure du jour et la couverture nuageuse.

Depuis 2007, le modèle de calcul Harmonoise a été implanté dans les deux principaux logiciels commerciaux de simulation acoustique extérieure, soit Cadna-A et LIMA.

Annexe C Fiches de mesure

PROJET : IMTT-Québec	RELEVÉ : R1
ENDROIT : 1002, Ave Vitré	DATE : 2010-05-05
	DÉBUT :
	FIN :
SONOMÈTRE / N.S. : LD 2800	ÉTALONNAGE INITIAL : 93.8
ÉTALONNEUR / N.S. : B&K Type 4231	ÉTALONNAGE FINAL : 93.8
REMARQUES : Mesure à environ 5 mètre de la résidence	

CROQUIS



PROJET : <u>IMTT-Québec</u>	RELEVÉ : <u>BR</u>
ENDROIT : <u>À proximité du presbystère sur la 8e Avenue à Limoilou</u>	DATE : <u>2010-05-05</u>
	DÉBUT : _____
	FIN : _____
SONOMÈTRE / N.S. : <u>ALTO</u>	ÉTALONNAGE INITIAL : <u>93.8</u>
ÉTALONNEUR / N.S. : <u>B&K Type 4231</u>	ÉTALONNAGE FINAL : <u>93.8</u>
REMARQUES : _____	

CROQUIS



PROJET : IMTT-Québec	RELEVÉ : Bruit résiduel
ENDROIT : À proximité du presbytère sur la 8e Avenue à Limoilou	DATE : 2010-05-05
	DÉBUT : 00h00
	FIN : 24h00

RÉSULTATS

PÉRIODE	L _{eq, h} dBA	L _{1%} dBA	L _{10%} dBA	L _{50%} dBA	L _{90%} dBA	L _{95%} dBA	L _{99%} dBA
00:00-01:00	55.7	65.7	58.3	51.8	50.3	50.0	49.5
01:00-02:00	56.3	64.2	58.0	55.2	52.9	52.6	52.0
02:00-03:00	58.2	64.8	59.3	57.6	56.3	55.9	55.4
03:00-04:00	58.8	66.1	59.8	58.0	56.8	56.4	55.8
04:00-05:00	59.0	66.3	60.0	58.0	56.9	56.7	56.1
05:00-06:00	59.4	67.0	60.9	58.1	56.7	56.3	55.8
06:00-07:00	62.7	71.4	65.7	60.0	57.6	57.2	56.5
07:00-08:00	66.3	74.9	69.1	64.0	60.2	59.5	58.4
08:00-09:00	66.2	75.0	69.2	63.8	59.5	58.7	57.5
09:00-10:00	62.7	71.9	65.6	59.4	56.2	55.7	55.0
10:00-11:00	61.9	70.8	65.2	59.3	55.7	55.2	54.4
11:00-12:00	61.8	70.7	65.2	59.0	56.0	55.4	54.6
12:00-13:00	63.3	73.0	66.4	59.7	56.3	55.7	54.7
13:00-14:00	62.0	71.6	65.1	59.0	54.5	53.8	52.6
14:00-15:00	61.1	70.7	64.5	57.6	53.0	52.4	51.2
15:00-16:00	61.4	69.0	65.0	58.9	53.9	52.9	51.5
16:00-17:00	63.4	72.3	66.4	61.2	55.7	54.5	53.1
17:00-18:00	64.1	71.4	67.3	61.9	56.3	55.1	53.0
18:00-19:00	62.8	70.7	66.3	60.4	56.0	55.1	53.8
19:00-20:00	62.6	71.2	65.1	60.1	57.6	57.1	56.4
20:00-21:00	62.7	70.7	65.2	60.8	58.8	58.5	57.8
21:00-22:00	66.0	74.0	69.3	63.7	60.7	60.2	59.3
22:00-23:00	62.8	71.5	66.0	60.1	57.9	57.5	56.6
23:00-24:00	56.5	66.5	59.7	52.4	50.8	50.4	49.9

PROJET : IMTT-Québec	RELEVÉ : Bruit résiduel
ENDROIT : Limite de la propriété à proximité de l'autoroute	DATE : 2010-05-05
	DÉBUT : 00h00
	FIN : 24h00

RÉSULTATS

PÉRIODE	L _{eq, h} dBA	L _{1%} dBA	L _{10%} dBA	L _{50%} dBA	L _{90%} dBA	L _{95%} dBA	L _{99%} dBA
00:00-01:00	73.7	85.1	76.9	66.6	65.9	65.7	65.3
01:00-02:00	66.3	67.4	66.8	66.2	65.7	65.6	65.4
02:00-03:00	66.3	67.7	67.0	66.2	65.6	65.4	65.1
03:00-04:00	66.0	67.5	66.7	66.0	65.3	65.1	64.8
04:00-05:00	66.5	68.0	67.3	66.5	65.7	65.5	65.1
05:00-06:00	66.4	67.8	67.1	66.4	65.7	65.5	65.3
06:00-07:00	66.6	68.7	67.4	66.5	65.8	65.6	65.3
07:00-08:00	68.5	78.4	69.1	66.5	61.1	57.1	52.2
08:00-09:00	67.5	73.0	67.2	66.0	53.4	51.9	49.7
09:00-10:00	69.9	81.3	73.5	58.4	53.7	53.0	52.1
10:00-11:00	70.0	83.0	69.7	57.2	54.0	53.3	51.2
11:00-12:00	70.6	77.9	69.8	68.4	58.6	56.7	52.5
12:00-13:00	64.6	77.6	66.2	55.3	51.8	50.9	49.7
13:00-14:00	57.8	64.6	59.7	56.5	54.6	54.2	53.6
14:00-15:00	68.3	78.7	69.8	58.3	55.6	55.0	54.2
15:00-16:00	59.5	67.1	61.1	58.4	56.5	56.0	55.1
16:00-17:00	58.7	65.5	60.4	57.6	55.7	55.2	54.4
17:00-18:00	65.8	79.2	60.8	56.4	52.2	51.7	51.0
18:00-19:00	72.7	86.7	73.0	60.6	52.2	51.6	51.0
19:00-20:00	69.2	80.5	70.9	64.9	63.0	58.6	55.9
20:00-21:00	64.8	66.6	65.8	64.7	63.8	63.5	63.1
21:00-22:00	64.8	66.9	65.8	64.6	63.6	63.4	62.9
22:00-23:00	65.3	67.3	66.1	65.2	64.4	64.2	63.8
23:00-24:00	66.1	67.4	66.7	66.1	65.6	65.5	65.2

PROJET : IMTT-Québec	RELEVÉ : Bruit résiduel
ENDROIT : Limite de la propriété à proximité du quai	DATE : 2010-05-05
	DÉBUT : 00h00
	FIN : 24h00

RÉSULTATS

PÉRIODE	L _{eq, h} dBA	L _{1%} dBA	L _{10%} dBA	L _{50%} dBA	L _{90%} dBA	L _{95%} dBA	L _{99%} dBA
00:00-01:00	59.9	71.2	60.7	55.6	54.1	53.7	53.3
01:00-02:00	58.7	70.8	57.3	55.0	53.8	53.5	52.8
02:00-03:00	59.4	71.8	58.0	54.6	53.3	53.0	52.1
03:00-04:00	60.3	73.6	58.5	55.2	53.6	53.3	52.8
04:00-05:00	60.4	72.4	59.1	55.0	53.3	53.0	52.3
05:00-06:00	59.3	71.8	57.6	54.6	53.1	52.7	51.5
06:00-07:00	58.7	70.2	56.9	54.4	52.8	51.4	50.4
07:00-08:00	61.7	73.2	63.3	56.5	54.2	53.7	52.8
08:00-09:00	63.6	75.1	64.7	59.2	57.0	56.4	53.4
09:00-10:00	62.9	75.2	63.4	58.5	57.1	56.8	56.2
10:00-11:00	62.7	74.7	62.7	58.6	57.4	57.1	56.5
11:00-12:00	63.7	75.6	63.7	59.4	57.3	56.0	54.3
12:00-13:00	62.5	74.8	62.7	57.7	56.1	55.7	55.0
13:00-14:00	62.7	75.3	62.3	57.7	56.1	55.8	55.2
14:00-15:00	59.9	69.9	60.2	57.6	56.1	55.7	55.1
15:00-16:00	60.0	68.9	60.7	58.0	56.4	56.1	55.4
16:00-17:00	60.6	71.2	60.6	58.1	56.7	56.4	55.8
17:00-18:00	61.2	72.8	61.2	57.5	55.9	55.4	54.7
18:00-19:00	61.1	72.3	62.4	57.0	54.7	54.3	53.7
19:00-20:00	63.0	75.3	64.2	57.6	55.3	54.9	54.1
20:00-21:00	62.8	75.9	61.6	57.3	55.6	55.2	54.6
21:00-22:00	63.2	76.3	62.7	57.6	55.8	55.4	54.7
22:00-23:00	62.5	75.5	62.6	56.9	54.5	54.0	53.3
23:00-24:00	57.1	61.3	56.0	54.8	53.5	53.2	52.8

PROJET : IMTT-Québec	RELEVÉ : Bruit résiduel
ENDROIT : Station météorologique de Beauport	DATE : 2010-05-05
	DÉBUT : 00h00
	FIN : 24h00

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

PÉRIODE	TEMPÉRATURE °C	HUMIDITÉ RELATIVE %	VITESSE DES VENTS Km/h		
			Moyenne	Rafale	Direction
00:00-01:00	12.5	85.0	6.0	n/d	Sud
01:00-02:00	11.3	86.0	13.0	n/d	Nord-Est
02:00-03:00	10.6	88.0	15.0	n/d	Est
03:00-04:00	9.3	89.0	19.0	n/d	Est
04:00-05:00	8.5	88.0	13.0	n/d	Est
05:00-06:00	8.5	87.0	13.0	n/d	Est
06:00-07:00	8.4	87.0	11.0	n/d	Nord-Est
07:00-08:00	9.2	86.0	7.0	n/d	Nord-Est
08:00-09:00	10.3	82.0	15.0	n/d	Est
09:00-10:00	11.6	79.0	6.0	n/d	Nord-Est
10:00-11:00	12.1	77.0	9.0	n/d	Est
11:00-12:00	13.3	77.0	11.0	n/d	Est
12:00-13:00	14.3	72.0	9.0	n/d	Est
13:00-14:00	15.4	64.0	6.0	n/d	Est
14:00-15:00	18.8	43.0	19.0	n/d	Sud-Ouest
15:00-16:00	18.2	47.0	19.0	n/d	Sud-Ouest
16:00-17:00	17.5	45.0	13.0	n/d	Sud-Ouest
17:00-18:00	17.3	50.0	2.0	n/d	Sud-Est
18:00-19:00	12.5	83.0	17.0	n/d	Est
19:00-20:00	11.8	86.0	17.0	n/d	Est
20:00-21:00	11.6	89.0	19.0	n/d	Est
21:00-22:00	10.8	89.0	28.0	n/d	Est
22:00-23:00	10.6	86.0	19.0	n/d	Nord-Est
23:00-24:00	10.5	89.0	17.0	n/d	Est

Annexe D Puissance acoustique des sources [LwA]

Sources	LwA									
	Global	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Opération de la locomotive	115.7	82.2	95.1	106.5	106.3	104.9	107.0	110.1	109.2	101.9
Chargement des wagons	96.7	58.1	69.4	76.8	85.3	87.0	90.1	92.9	88.5	79.2
Pompe (#3)	101.8	63.8	72.6	90.7	94.2	96.3	95.1	94.9	87.8	79.7
Pompe (#4)	101.8	63.8	72.6	90.7	94.2	96.3	95.1	94.9	87.8	79.7
Circulation de camions	99.9	56.1	63.1	81.9	93.0	91.6	95.7	93.0	86.8	75.6
Chargement des camions	89.5	50.5	63.1	69.6	78.2	79.3	82.9	85.9	81.3	72.2
Bateau (Quai 50)	104.9	79.7	86.5	91.2	99.0	98.6	100.3	94.5	86.2	72.4
Bateau (Quai 51)	104.9	79.7	86.5	91.2	99.0	98.6	100.3	94.5	86.2	72.4

Annexe E Évaluation des corrections Ki, Kt et Ks

TERME KI

Le terme Ki a été évalué à la limite de la propriété, le seul endroit où des impacts liés à IMTT sont clairement audibles à certaines périodes. La valeur de Ki calculée est inférieure à 2 et aucune correction n'est ajoutée dans ce cas.

Tableau 10 Évaluation du facteur Ki à la limite de propriété (près de l'autoroute)

Termes	Valeur	Description
Ki	1,7	
m	10	nombre d'impacts admissibles pendant la période de référence
T	3600	durée en seconde
Li	89,1	Le niveau équivalent du bruit d'impact est le calcul de la moyenne logarithmique des niveaux maximum (Lafmax) sur le réponses rapide imputable aux bruits d'impact
Laeq 1h (période de 0h00 à 1h00)	73,7	Niveau sonore lors de la période d'évaluation

TERME KT

Aucune tonalité n'a été décelée lors des relevés sonores qui justifient l'utilisation d'une correction pour caractère tonale.

TERME KS

Aucune correction n'est nécessaire pour le bruit audible en basse fréquence ou porteur d'informations.